

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con
agregado reciclado y adición de Nanoplaquetas de grafeno**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Luis Fernando Rios Ruiz

ASESOR

Juan Jacobo Sanchez Bautista

<https://orcid.org/0000-0003-2820-8789>

Chiclayo, 2024

**Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa
fabricado con agregado reciclado y adición de Nanoplaquetas de
grafeno**

PRESENTADA POR

Luis Fernando Rios Ruiz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

José Alberto Acero Martínez

PRESIDENTE

Fidel Ortiz Zapata

SECRETARIO

Juan Jacobo Sanchez Bautista

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, por darme su sabiduría y entendimiento para lograr todos mis objetivos.

A mis padres Victor y Dorila, quienes me han brindado todo su amor y apoyo incondicional, y gracias a ellos estoy alcanzando una etapa más de vida.

A mis hermanos Cristian y Judith, quien son una motivación y apoyo para lograr alcanzar mis metas.

A mi novia Elvira, quien me motivó a no rendirme, quien me acompaña en todos los momentos de mi vida, y quien siempre me ayuda a ser mejor.

Agradecimientos

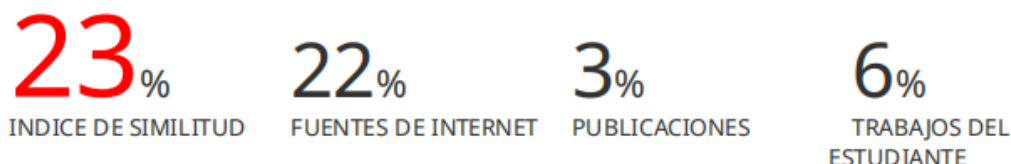
A mi asesor el Ing. Juan Jacobo Sánchez Bautista, por apoyarme a culminar esta investigación.

A mis tíos, Emitterio, Martha y Orfelina, quienes son unos segundos padres para mí y fueron de gran apoyo en esta etapa de mi vida.

A mis docentes universitarios, quienes fueron de gran ayuda compartiendo de sus conocimientos y muchas veces motivación para no rendirme hasta culminar esta etapa de mi vida.

Estudio del Concreto de Resistencia Nominal de 28 MPa Fabricado con Agregado Reciclado y Adición de Nanoplaquetas de Grafeno

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%

Índice

Resumen	19
Abstract	20
Introducción	21
Revisión de la literatura	26
Antecedentes.....	26
Bases teóricas	29
Nanotecnología.....	29
Grafeno	29
Propiedades del grafeno.....	31
Residuos Sólidos	31
Residuos de Construcción y Demolición.....	31
El Concreto	31
Concreto Reciclado.....	37
Propiedades del Concreto	37
Diseño de mezcla con el método del ACI 211	38
Definición de términos básicos.....	38
Curado	38
RCD.....	38
Materiales y métodos.....	38
Tipo y nivel de investigación.....	39
Diseño de investigación.....	39
Población, muestra, muestreo.....	39
Población	39
Muestra	39
Unidad de análisis.....	40
Criterio de selección	40

Hipótesis y operacionalización de variables.....	40
Hipótesis	40
Operacionalización de variables	41
Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	42
Técnicas de recolección de datos.....	42
Instrumentos de recolección de datos	42
Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos	42
Estrategia metodológica	42
Procedimiento para la obtención de los materiales.	42
Elaboración de los ensayos en los agregados.	45
Diseño de mezclas según ACI 211	62
Dispersión de las nanoplaquetas de grafeno.....	70
Ensayos del concreto en estado fresco	73
Ensayos del concreto en estado endurecido	78
Plan de procesamiento	86
Resultados y discusión.....	88
Resultados.....	88
Ensayos a los agregados naturales.....	88
Ensayos a los agregados reciclados	95
Diseño de mezcla ACI 211.1	102
Ensayos al concreto en estado fresco	122
Ensayos al concreto en estado endurecido	123
Comparación de costo por m ³	138
Propuesta de especificación técnica para el proceso constructivo del concreto reciclado adicionado de nanoplaquetas de grafeno.....	142
Discusión de resultados	144
Ensayos a los agregados naturales y reciclados.....	144

Ensayo de resistencia a la compresión	145
Ensayo de resistencia a la abrasión.....	146
Ensayo de permeabilidad.....	147
Ensayo de módulo de elasticidad.....	148
Ensayo de coeficiente de Poisson.....	149
Ensayo de Resistencia a los sulfatos.....	149
Comparación de costo por m ³ de concreto.	150
Propuesta de especificación técnica para el proceso constructivo del concreto reciclado adicionado de nanoplaquetas de grafeno.....	151
Conclusiones.....	153
Recomendaciones.....	156
Referencias	157
Anexos.....	161

Lista de tablas

Tabla N° 1: Las propiedades más destacadas del grafeno.....	31
Tabla N° 2: Principales componentes del Cemento Pórtland Pasquel	32
Tabla N° 3: Principales componentes del Cemento Pórtland.....	33
Tabla N° 4: Principales componentes del Cemento Pórtland.....	33
Tabla N° 5: Límites permisibles de contenidos y sustancias disueltas	34
Tabla N° 6: Clasificación de los agregados por su procedencia: densidad, gradación, forma y textura.....	35
Tabla N° 7: Cantidad de muestras a ensayar (tamaño de muestra).	40
Tabla N° 8: Operacionalización de Variables	41
Tabla N° 9: Resistencia a la Compresión Promedio	62
Tabla N° 10: Contenido de aire atrapado	64
Tabla N° 11: Volumen unitario de agua.....	65
Tabla N° 12: Relación agua cemento por resistencia	65
Tabla N° 13: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	67
Tabla N° 14: Porcentajes retenidos del agregado fino natural	88
Tabla N° 15: Contenido de humedad del agregado fino	89
Tabla N° 16: Peso específico y absorción del agregado fino	90
Tabla N° 17: Peso unitario suelto del agregado fino.....	91
Tabla N° 18: Peso unitario compactado del agregado fino	91
Tabla N° 19: Porcentajes retenidos del agregado grueso natural	92
Tabla N° 20: Contenido de humedad del agregado grueso	93
Tabla N° 21: Peso específico y absorción del agregado grueso	93
Tabla N° 22: Peso Unitario Suelto y Compactado	94
Tabla N° 23: Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles).....	95
Tabla N° 24: Porcentajes retenidos del agregado fino reciclado.....	95

Tabla N° 25: Contenido de humedad del agregado fino reciclado.....	96
Tabla N° 26: Peso específico y absorción del agregado fino reciclado	97
Tabla N° 27: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino reciclado	98
Tabla N° 28: Porcentajes retenidos del agregado grueso reciclado	98
Tabla N° 29: Contenido de humedad del agregado grueso reciclado	99
Tabla N° 30: Peso específico y absorción del agregado grueso reciclado	100
Tabla N° 31: Peso Unitario Suelto y Compactado	101
Tabla N° 32: Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles).....	102
Tabla N° 33: Propiedades de los agregados naturales para el diseño de mezclas	102
Tabla N° 34: Propiedades de los materiales para el diseño de mezclas con agregados reciclados.....	107
Tabla N° 35: Proporciones de nanoplaquetas de grafeno al 0,05%; 0,10% y 0,15% respecto al peso del cemento relación a/c 0.46.....	121
Tabla N° 36: Proporciones de nanoplaquetas de grafeno al 0,05%; 0,10% y 0,15% respecto al peso del cemento relación a/c 0.53.....	121
Tabla N° 37: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco relación a/c 0.46....	122
Tabla N° 38: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco relación a/c 0.53....	122
Tabla N° 39: Tabla de resistencia a la compresión relación a/c=0.46.....	123
Tabla N° 40: Tabla de resistencia a la compresión relación a/c=0.53.....	126
Tabla N° 41: Tabla de resistencia a la abrasión relación a/c=0.46.....	128
Tabla N° 42: Tabla de resistencia a la abrasión relación a/c=0.53.....	129
Tabla N° 43: Tabla de resistencia a la profundidad de penetración del agua a/c=0.46.....	130
Tabla N° 44: Tabla de resistencia a la profundidad de penetración del agua a/c=0.53.....	131
Tabla N° 45: Tabla de módulo de elasticidad relación a/c=0.46.....	132
Tabla N° 46: Tabla de módulo de elasticidad relación a/c=0.53.....	133
Tabla N° 47: Tabla de coeficiente de poisson a/c=0.46	134
Tabla N° 48: Tabla de coeficiente de poisson a/c=0.53	135

Tabla N° 49: Tabla de cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos a/c=0.46.....	136
Gráfico N° 17: Cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos a/c=0.46	136
Tabla N° 50: Tabla de cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos a/c=0.53	137
Gráfico N° 18: Cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos a/c=0.53	137
Tabla N° 51: Costo por m3 de concreto a/c=0.46	138
Tabla N° 52: Costo por m3 de concreto a/c=0.46	139
Tabla N° 53: Costo por m3 de concreto a/c=0.46	139
Tabla N° 54: Costo por m3 de concreto a/c=0.53	140
Tabla N° 55: Costo por m3 de concreto a/c=0.53	140
Tabla N° 56: Costo por m3 de concreto a/c=0.46	141

Lista de anexos

Anexo N° 1: Cantidad de cemento producido vs emisiones de CO2 de la fabricación de cemento.	161
Anexo N° 2: Países líderes en producción de cemento a nivel mundial 2019	161
Anexo N° 3: Ficha Técnica del Cemento FORTIMAX-Pacasmayo.....	162
Anexo N° 4: Tabla de gradación de las muestras de ensayo a la abrasión de los agregados	163
Anexo N° 5: Granulometría del agregado fino natural.....	164
Anexo N° 6: Granulometría del agregado grueso natural	165
Anexo N° 7: Granulometría del agregado fino reciclado	166
Anexo N° 8: Granulometría del agregado grueso reciclado.....	167
Anexo N° 9: Contenido de humedad del agregado fino y grueso natural	168
Anexo N° 10: Contenido de humedad del agregado fino y grueso reciclado	169
Anexo N° 11: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado fino natural.....	170
Anexo N° 12: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado grueso natural	171
Anexo N° 13: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado fino reciclado	172
Anexo N° 14: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado grueso reciclado.....	173
Anexo N° 15: Peso específico y absorción del agregado fino y grueso natural.....	174
Anexo N° 16: Peso específico y absorción del agregado fino y grueso reciclado	175
Anexo N° 17: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.46$ + 100% Agregados Naturales	176
Anexo N° 18: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.46$ + 100% Agregados Reciclados (AR).....	177

Anexo N° 19: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.53$ + 100% Agregados Naturales (AN)	178
Anexo N° 20: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.53$ + 100% Agregados Reciclados (AR).....	179
Anexo N° 21: <i>Ensayo de Slump</i>	180
Anexo N° 22: <i>Ensayo de Resistencia a la compresión</i>	181
Anexo N° 23: <i>Ensayo de Resistencia a la abrasión</i>	192
Anexo N° 24: Ensayo de Resistencia a la penetración del agua.	198
Anexo N° 25: Resultados de la Resistencia a la compresión	202
Anexo N° 26: Resultados de la Resistencia a la abrasión	212
Anexo N° 27: Resultados del ensayo de profundidad de penetración del agua	214
Anexo N° 28: Resultados del ensayo de Módulo de Elasticidad y Poisson.....	216
Anexo N° 29: Resultados del ensayo de Resistencia a los sulfatos	226
Anexo N° 30: Ejemplo de dispositivo de ensayo para el ensayo de penetración del agua UNE-EN 12390-8.....	236
Anexo N° 31: Certificado de resultados del ensayo de contenido de sales solubles del agregado fino reciclado.	237
Anexo N° 32: Certificado de resultados del ensayo de contenido de sales solubles del agregado grueso reciclado.....	239
Anexo N° 33: Certificado de resultados del ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles del agregado fino reciclado.	240
Anexo N° 34: Certificado de resultados del ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles del agregado grueso reciclado.....	241

Lista de figuras

Figura N° 1: Estructura de una membrana de grafeno	30
Figura N° 2: Grafito formado por capas de grafeno que interaccionan débilmente entre sí	30
Figura N° 3: Adquisición de los Agregados reciclados.	43
Figura N° 4: Agregado grueso reciclado	43
Figura N° 5: Agregado fino reciclado	43
Figura N° 6: Nanoplaquetas de grafeno	44
Figura N° 7: Aditivo plastificante SIKACEM.	45
Figura N° 8: Cemento Fortimax-Pacasmayo.....	45
Figura N° 9: Slump 3.5” - f’c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	180
Figura N° 10: Slump 2.5” - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	180
Figura N° 11: Slump 4” - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	180
Figura N° 12: Slump 3.5” - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	180
Figura N° 13: Slump 3” - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	180
Figura N° 14: Slump 3” - f’c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.	180
Figura N° 15: Slump 4” - f’c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.	180
Figura N° 16: Slump 4” - f’c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0.05%NG.	180
Figura N° 17: Slump 4” - f’c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.	180
Figura N° 18: Slump 4” - f’c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.	181
Figura N° 19: P01 - f’c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	181
Figura N° 20: P02 - f’c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	181
Figura N° 21: P03 - f’c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	182
Figura N° 22: P04 - f’c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	182
Figura N° 23: P05 - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	182
Figura N° 24: P06 - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	182
Figura N° 25: P07 - f’c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	183

Figura N° 26: P08 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	183
Figura N° 27: P09 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	183
Figura N° 28: P10 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	183
Figura N° 29: P11 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	184
Figura N° 30: P12 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	184
Figura N° 31: P13 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	185
Figura N° 32: P14 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	185
Figura N° 33: P15 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	185
Figura N° 34: P16 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	185
Figura N° 35: P17 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	186
Figura N° 36: P18 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	186
Figura N° 37: P19 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	186
Figura N° 38: P20 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	186
Figura N° 39: P01 - f°c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.	187
Figura N° 40: P02 - f°c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.	187
Figura N° 41: P03 - f°c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.	187
Figura N° 42: P04 - f°c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.	187
Figura N° 43: P01 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.	187
Figura N° 44: P02 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.	187
Figura N° 45: P03 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.	188
Figura N° 46: P04 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.	188
Figura N° 47: P09 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.	189
Figura N° 48: P10 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.	189
Figura N° 49: P11 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.	189
Figura N° 50: P12 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.	189
Figura N° 51: P13 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.	190

Figura N° 52: P14 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.	190
Figura N° 53: P15 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.	190
Figura N° 54: P16 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.	190
Figura N° 55: P17 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.	191
Figura N° 56: P18 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.	191
Figura N° 57: P19 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.	191
Figura N° 58: P20 - f°c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.	191
Figura N° 59: M1-Pinicial - f°c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	192
Figura N° 60: M1-ciclo1 - f°c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	192
Figura N° 61: M1-ciclo2 - f°c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	192
Figura N° 62: M1-ciclo3 - f°c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	192
Figura N° 63: M1- Pinicial - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	193
Figura N° 64: M1-ciclo1 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	193
Figura N° 65: M1-ciclo2 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	193
Figura N° 66: M1-ciclo3 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	193
Figura N° 67: M1- Pinicial - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	193
Figura N° 68: M1-ciclo1 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	193
Figura N° 69: M1-ciclo2 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	194
Figura N° 70: M1-ciclo3 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.	194
Figura N° 71: M1- Pinicial - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	194
Figura N° 72: M1-ciclo1 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	194
Figura N° 73: M1-ciclo2 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	194
Figura N° 74: M1-ciclo3 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.	194
Figura N° 75: M1- Pinicial - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	195
Figura N° 76: M1-ciclo1 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	195
Figura N° 77: M1-ciclo2 - f°c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.	195

Figura N° 78: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.....	195
Figura N° 79: M1- Pinicial - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.	195
Figura N° 80: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.....	195
Figura N° 81: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.....	196
Figura N° 82: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.....	196
Figura N° 83: M1- Pinicial - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.	196
Figura N° 84: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.....	196
Figura N° 85: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.....	196
Figura N° 86: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.....	196
Figura N° 87: M1- Pinicial - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.	197
Figura N° 88: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.....	197
Figura N° 89: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.....	197
Figura N° 90: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.....	197
Figura N° 91: M1- Pinicial - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.	197
Figura N° 92: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.....	197
Figura N° 93: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.....	198
Figura N° 94: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.....	198
Figura N° 95: P01i - f'c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.....	198
Figura N° 96: P01d - f'c 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.	198
Figura N° 97: P01i - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.....	199
Figura N° 98: P01d - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.	199
Figura N° 99: P01i - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.....	199
Figura N° 100: P01d - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.....	199
Figura N° 101: P01i - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.....	200
Figura N° 102: P01d - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.....	200
Figura N° 103: P01i - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.....	200

Figura N° 104: P01d - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.....	200
Figura N° 105: P01i - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.....	200
Figura N° 106: P01d - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.....	200
Figura N° 107: P01i - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.....	201
Figura N° 108: P01d - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.....	201
Figura N° 109: P01i - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.....	201
Figura N° 110: P01d - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.....	201
Figura N° 111: P01i - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.....	201
Figura N° 112: P01d - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.....	201

Lista de gráficos

Gráfico N° 1: Curva granulométrica del agregado fino natural	89
Gráfico N° 2: Curva Granulométrica del agregado grueso natural	92
Gráfico N° 3: Curva Granulométrica del agregado fino reciclado	96
Gráfico N° 4: Curva Granulométrica del agregado grueso reciclado.....	99
Gráfico N° 5: Curva de aumento de la resistencia a la compresión de 7 y 28 días $a/c=0.46$	124
Gráfico N° 6: Resistencia a la compresión 7 y 28 días $a/c=0.46$	124
Gráfico N° 7: Curva de aumento de la resistencia a la compresión de 7 y 28 días $a/c=0.46$	126
Gráfico N° 8: Resistencia a la compresión 7 y 28 días a/c 0.53.....	127
Gráfico N° 9: Resistencia a la abrasión 28días $a/c=0.46$	128
Gráfico N° 10: Resistencia a la abrasión 28días a/c 0.53	129
Gráfico N° 11: Resistencia a la profundidad de penetración del agua $a/c=0.46$	130
Gráfico N° 12: Resistencia a la profundidad de penetración del agua $a/c=0.53$	131
Gráfico N° 13: Módulo de elasticidad relación $a/c=0.46$	132
Gráfico N° 14: Módulo de elasticidad relación $a/c=0.53$	133
Gráfico N° 15: Coeficiente de Poisson $a/c=0.46$	134
Gráfico N° 16: Coeficiente de Poisson $a/c=0.53$	135
Gráfico N° 17: Cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos $a/c=0.46$	136
Gráfico N° 18: Cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos $a/c=0.53$	137
Gráfico N° 19: Comparación del costo por m ³ de concreto, relación a/c 0.46 y a/c 0.53	141

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar la influencia de las nanoplaquetas de grafeno en la durabilidad y resistencia del concreto reciclado, ya que este material está siendo tendencia en los campos de la investigación debido a las grandes propiedades físicas que posee. En este estudio de tipo experimental, se efectuaron ensayos de laboratorio a los agregados tanto naturales como reciclados. Se realizaron nueve diseños de mezcla en total, divididas en dos relaciones agua-cemento, ambas con una resistencia nominal de diseño $f'c=280$ kgf/cm², la relación agua-cemento de 0.46 se usó para un concreto patrón y un concreto con 100% de agregados reciclados y la relación agua-cemento de 0.53 se usó en un concreto con 100% de agregados reciclados, ambos concretos reciclados adicionados de 0%, 0.05%, 0.10% y 0.15% de nanoplaquetas de grafeno respecto al peso del cemento, para luego evaluar las propiedades del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido. Además, se elaboraron probetas y barras de mortero para evaluar la resistencia a la compresión, permeabilidad, abrasión, módulo de elasticidad y la durabilidad ante la presencia de soluciones sulfatadas, observando que la adición de nanoplaquetas mejora la resistencia en ciertos porcentajes y aplicando dispersión por ultrasonido a las nanoplaquetas.

Palabra clave: nanoplaquetas de grafeno, concreto, resistencia

Abstract

The main objective of this research is to analyze the influence of graphene nanoplatelets on the durability and resistance of recycled concrete since this material is becoming a trend in the fields of research due to its great physical properties. In this experimental study, laboratory tests were carried out on both natural and recycled aggregates. A total of nine mix designs were made, divided into two water-cement ratios, both with a nominal design resistance $f_c=280$ kgf/cm², the water-cement ratio of 0.46 was used for a standard concrete and a concrete with 100% recycled aggregates and a water-cement ratio of 0.53 was used in a concrete with 100% recycled aggregates, both recycled concretes added 0%, 0.05%, 0.10% and 0.15% graphene nanoplatelets with respect to the weight of the cement, to then evaluate the properties of the concrete, both in the fresh state and in the hardened state. In addition, test tubes and mortar bars were made to evaluate the resistance to compression, permeability, abrasion, modulus of elasticity and durability in the presence of sulfated solutions, noting that the addition of nanoplatelets improves resistance in certain percentages and applying dispersion by ultrasound to nanoplatelets.

Keywords: Graphene nanoplatelets, concrete, strength

Introducción

El concreto se destaca como uno de los materiales más ampliamente utilizados en todo el mundo para la construcción de diversas estructuras, como puentes, carreteras, edificios, viviendas y reservorios, entre otros. Se estima que, en el año 2006, la demanda mundial de concreto llegó a aproximadamente 31.000 millones de toneladas, incluyendo alrededor de 2.540 millones de toneladas de cemento [1].

El progreso económico y el continuo crecimiento de urbanización han resultado en daños significativos al entorno natural, poniendo en peligro la sostenibilidad. El consumo de recursos naturales aumenta en paralelo al crecimiento económico y demográfico, lo que significa que la producción en grandes cantidades de materiales implica una extracción masiva de materias primas. La explotación de los recursos, especialmente los no renovables, por parte de la industria de la construcción, genera anualmente enormes cantidades de residuos de construcción. Estos materiales podrían y deben ser reutilizados en nuevos proyectos de construcción. No obstante, en países que carecen de planes efectivos de gestión y procesamiento de residuos para estos materiales, la mayoría de ellos terminan en vertederos [2].

La magnitud del problema es tal que para un consumo anual de 37.500 millones de toneladas de áridos se generan alrededor de 3.000 millones de toneladas de residuos [3]. Según datos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), en Estados Unidos se generan anualmente aproximadamente 548 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición, unos 830 millones de toneladas en la Unión Europea, 200 millones de residuos de concreto en China, 29 millones de toneladas en Taiwán y Hong Kong, con un total de 1.593 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición [4].

Esta gran cantidad de residuos impacta en varios sectores. En cuanto a los impactos ambientales, los problemas de sostenibilidad son una gran preocupación en la actualidad, ya que se necesita una considerable cantidad de recursos naturales para producir materiales como el concreto [5].

Otro aspecto que debe tener en cuenta son las emisiones de CO₂ y el consumo de energía, ya que se sabe que la industria del concreto, especialmente el cemento, contribuye significativamente al daño ambiental debido a las emisiones de CO₂ [5]. La producción del cemento a nivel mundial está liderada por China, en el año 2019 ha producido cerca de 2.200 millones de toneladas de cemento y, por lo tanto, la mayoría de las emisiones de CO₂ relacionadas con su fabricación. Ver Anexo N° 1 y Anexo N° 2.

Muchos países que entendieron la magnitud de los problemas asociados con el uso a gran escala de materias primas, por parte del sector de la construcción se han establecido políticas y regulaciones para estimular el uso de agregados reciclados para producir concreto, en países como China, Hong Kong, Alemania, Japón, Portugal, España, Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda, entre otros. El reciclaje de residuos tiene varias ventajas potenciales desde el punto de vista de la sostenibilidad, y la primera y más visible de estas contribuciones ambientales sería la preservación de los recursos naturales, reemplazados por residuos, extendiendo la vida útil de las reservas naturales y reduciendo la destrucción del paisaje, la fauna y la flora [6].

En el Perú, el incremento permanente de las labores de construcción, remodelación y demolición, generan enormes volúmenes de RCD, el cual se ha transformado en un serio problema para la contaminación del medio ambiente [7], esto debido a los ineficientes procesos en la gestión de los desechos de construcción, la mala calidad de diseño y los excesivos periodos de almacenamiento en obra. Los RCD agotan a los vertederos, contribuyen al incremento del uso de energía, aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero, causan problemas a la salud pública y de otra manera contamina al medio ambiente.

A diferencia de otros países, en Perú existe la Ley General de Residuos Sólidos, la cual se aplica en la actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final; sin embargo, no existe una ley o regulaciones que estimulen el implemento del uso de agregados reciclados en la producción de concreto.

En Perú, en el año 2012, según MINAM [8], el porcentaje de desechos producto de las construcciones fue del 3.58% del total de desechos sólidos, que expresado en cantidad sería 166.182 toneladas.

En Perú, en el año 2015, se habían empleado cerca de 2 millones de bolsas de cemento, y esto crece constantemente cada año, puesto que las necesidades de contar con infraestructuras que ayuden al desarrollo social también crecen constantemente. Dado que el concreto es muy usado en la industria de la construcción, existen múltiples investigaciones realizadas por distintos autores, a favor de mejorar sus propiedades [9].

Como se ha mencionado previamente, la producción de concreto tiene una alta demanda de materias primas y recursos no renovables. Por esta razón, se están llevando a cabo investigaciones con el objetivo de reducir el consumo de estas materias primas en la producción de concreto, sin comprometer su calidad. Una de las soluciones más prometedoras para abordar este desafío es la utilización de agregados de concreto reciclado.

Es de importancia que en el Perú se empleen medidas para la gestión y reducción de la producción de desechos en las ciudades, siguiendo las normas y guías que se emplean en los países desarrollados. Para este efecto, el concreto es uno de los principales materiales que ayudarán en esta causa, dado que, a este se puede adicionar los agregados de concreto reciclado (ACR). Sin embargo, es sumamente importante analizar sus propiedades mecánicas y durabilidad, con el fin de garantizar un buen comportamiento en las estructuras a construir.

Muchas construcciones se deterioran, degradan e incluso colapsan con el paso del tiempo, esto ocurre por diversas manifestaciones patológicas, entre las principales se encuentran las acciones de calor, frío, clima y humedad, reacciones alcalinas, agresión química, corrosión por carbonatación, cloruros y sulfatos [10].

Uno de los problemas que enfrenta el concreto reciclado es la durabilidad; es por esto, que se debe solucionar este problema para hacer más viable su uso a gran escala en todo tipo de estructuras y así aportar en la disminución de contaminación y degradación del medio ambiente. La durabilidad del concreto reciclado puede estar asociado a la inferior calidad de los RCD, debido a la presencia de numerosas grietas y poros observados en el agregado, haciéndolo más permeable [11].

El Perú cuenta con bastantes infraestructuras que están en contacto directo o semidirecto con el mar, edificios, puentes, muelles, entre otros, proyectos donde las infraestructuras están en contacto con el ambiente marino, ya sea sumergido o parcialmente sumergido, o dentro del territorio de marea, zona de salpicaderas o entornos de zona de niebla. El agua de mar contiene partículas de cloruro y sulfato y la exposición del concreto a estos hacer que se vuelva menos durable y resistente [9].

Por lo tanto, es necesario implementar un nuevo material al concreto reciclado, el cual mejore sus propiedades mecánicas y durabilidad. El grafeno es hoy uno de los materiales más investigados por sus excelentes propiedades y características muy superiores frente a otros materiales. La presente investigación busca evidenciar mejoras en las propiedades del concreto reciclado usando el grafeno.

De esta manera, la presente investigación busca dar respuesta a la siguiente formulación del problema: **¿Cómo influye la adición de nanoplaquetas de grafeno en la durabilidad y resistencia del concreto reciclado?**

Se revisaron investigaciones que traten o se asemejen a las problemáticas del concreto reciclado expuestas anteriormente; encontrando información útil sobre los beneficios de las nanoplaquetas de grafeno adicionado al concreto.

Es por esta razón, que se considera como una alternativa de solución, adicionar nanoplaquetas de grafeno en el concreto con agregados reciclados ya que estas ayudan a mejorar la durabilidad y las propiedades de este, a causa de que los nanoplaquetas de grafeno son materiales de tamaño nanométrico, y debido a que el concreto reciclado presenta más porosidad que un concreto convencional, los nanoplaquetas tienen la capacidad de llenar los vacíos de este haciendo que el concreto se vuelva un material más impermeable y durable. Por lo que estos pueden ser usados para estructuras expuestas a diversos factores como la temperatura, el clima, la humedad, presión, agresividad por sulfatos, cloruros, la carbonatación, entre otros.

Además, esta investigación se realiza con la finalidad de incentivar a las industrias de la construcción a implementar el concreto reciclado en sus proyectos, ya que los nanoplaquetas mejoraran la calidad de vida de las personas mediante la mitigación de la contaminación debido a la disminución de producción de cemento y a través de la reutilización de residuos generados en la construcción. Así mismo, con el constante avance de la ciencia, en un futuro, los precios de estos se reducirán, conforme se ha ido manifestando a través de los años, logrando la posibilidad de disminuir el costo por m³, por consiguiente, se logrará que sean más asequibles para todas las personas.

Debido a la reutilización de los RCD se disminuirá considerablemente la emisión de CO₂ y además al aprovechar las grandes propiedades que tienen los nanoplaquetas y que estas aportan al concreto, se generará un gran impacto en la reducción de producción de cemento, debido a que se necesitará menos de cemento por m³ de concreto, por consiguiente, se reduce la emisión de co₂ a la hora de su fabricación.

Al utilizar los RCD disminuye la cantidad de agregados naturales empleadas en una infraestructura ya que el reaprovechamiento de los RCD ayudará a esto, por añadidura, la elección de estos RCD reduce la acumulación de estos en los vertederos.

Asimismo, ayudará en la sostenibilidad ambiental, debido a la disminución de explotación de recursos naturales.

Esta investigación tiene como objetivo general, analizar la influencia de los nanoplaquetas de grafeno en la durabilidad y resistencia del concreto reciclado; además, se desarrollaron objetivos específicos como: Determinar mediante ensayos la granulometría, las propiedades

físicas y mecánicas de los agregados naturales y agregados reciclados; diseñar un concreto con un $f'c=280$ kgf/cm² con agregados naturales como muestra patrón; diseñar un concreto con un $f'c =280$ kgf/cm² con el 100% de agregados reciclados adicionando del 0%, 0.05%, 0.10%, 0.15% de nanoplaquetas de grafeno con relaciones agua cemento de 0.46 y 0.53; determinar mediante ensayos las propiedades del concreto, en estado fresco y endurecido, elaborado con agregado reciclado adicionado de nanoplaquetas de grafeno y, con agregado natural sin adición de nanoplaquetas de grafeno; determinar el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson del concreto; comprobar si la adición de nanoplaquetas de grafeno mejora la durabilidad del concreto reciclado, mediante el ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión, el ensayo de resistencia ante ataques de sulfatos, y el ensayo de abrasión; comparar el costo por m³ de un concreto convencional frente al concreto reciclado con adición de nanoplaquetas de grafeno, proponer una especificación técnica para el proceso constructivo del concreto reciclado con adición de nanoplaquetas de grafeno.

Revisión de la literatura

Antecedentes

Shimomura y Silva [3], señalan que el desarrollo económico y el crecimiento poblacional ha venido provocando graves daños al medio ambiente y poniendo en peligro la sostenibilidad. El consumo de materiales naturales crece proporcionalmente al crecimiento económico y poblacional. La explotación de los recursos por parte de la industria de la construcción genera millones de toneladas de residuos de construcción cada año. Con lo cual, en su investigación resulta oportuno la sustitución de estos áridos naturales por árido reciclado de concretos reciclados. Para llevar acabo esto se produjeron 5 probetas con 0%, 30%, 50%, 70% y 100% de agregados reciclados y mediante ensayos de laboratorio se analizaron el efecto que tuvo estas adiciones en las propiedades del concreto. Los resultados demostraron que la resistencia disminuía conforme aumenta el porcentaje de agregados reciclados; sin embargo, en las pruebas de resistencia a compresión a los 91 días, las probetas que tenían 30%, 50% y 100% de agregado reciclado disminuyeron entre un 12%, 17% y 65% respectivamente, en comparación con la probeta de 100% de agregado natural. Finalmente se determina que, la sustitución de agregados naturales por agregados reciclados resulta factible para el uso en elementos de concreto de función estructural, solo si se sustituye hasta un 50% de agregado natural por agregado reciclado.

Devi y Khan [12], mencionan que los ataques de los sulfatos en el concreto reciclado empeoran sus propiedades, esto es debido por la porosidad que presenta el concreto con agregado reciclado, que a la vez también se vuelve un material ácido lo que conduce a la corrosión del acero de refuerzo. En su investigación plantean adicionar óxido de grafeno a un concreto con 100% de agregado reciclado. Para esto, prepararon un total de seis mezclas con la adición del 0.05% y 0.10% de óxido de grafeno, para ser ensayadas a los 28, 56, 90 y 120 días de curado, en la dispersión del óxido de grafeno con agua y aglomerante, se mezcló previamente en un agitador magnético por 45 minutos para después llevar a cabo el proceso de sonificación por 60 minutos. En el ensayo de resistencia a los sulfatos, se expuso al concreto con la solución de sulfato de sodio en un 5% del volumen, por 28, 56, 90 y 120 días. Los resultados mostraron que la adicción de óxido de grafeno del 0.10% disminuyó el porcentaje de cambio de masa del concreto expuesto a los sulfatos en un 83% frente al concreto reciclado sin adición de OG y aumentó solo un 20% frente a un concreto convencional. En los resultados de la resistencia a compresión con la adición del 0.10% de óxido de grafeno en el concreto reciclado, solo

disminuyó en un 2.3% frente al concreto convencional. En conclusión, la adicción de óxido de grafeno mejora la resistencia a compresión del concreto reciclado, así como también la resistencia ante los ataques de sulfatos y la profundidad de carbonatación.

En la investigación realizada por Devi y Rizwan [13], mencionan que en el mundo se generan más de 3 mil millones de residuos de construcción y demolición lo cual resulta de un grave daño para el medio ambiente. El agregado comprende más del 70% del concreto lo que genera una gran explotación de recursos naturales, es por esto que se plantean incentivar el uso del agregado de concreto reciclado, para compensar el consumo de áridos naturales en la industria de la construcción, esto con la adición del óxido de grafeno en el concreto para mejorar sus propiedades. Para llevar a cabo su investigación, propusieron realizar muestra de concreto reciclado con 100% de agregados reciclados y adicionado de 0.05% y 0.1% de óxido de grafeno y este junto a una muestra de concreto patrón se ensayó su resistencia a la compresión y resistividad eléctrica a los 7, 28, 56, 90 y 120 días; además en este caso usaron un cemento tipo I y la dispersión del óxido de grafeno se realizó mediante dispersión magnética, junto con un aditivo a base de éter poli carboxilato. En los resultados el concreto reciclado con la adición de 0.10% de OG presento una mejor resistencia frente al concreto reciclado con 0.05% de óxido de grafeno y por debajo de la muestra patrón, siendo estas de, 39.93 MPa para la muestra patrón y 33.46MPa para el concreto reciclado; en el ensayo de resistividad eléctrica se determinó que conforme aumenta la adición de OG aumenta la resistividad, debido a que aumenta la densidad de los poros y por ende disminuye la permeabilidad. En conclusión, la adición de OG mejor la resistencia y durabilidad del concreto reciclado.

Bazalar y Cadenillas [7], afirman que las actividades de construcción, remodelación y demolición producen grandes volúmenes de residuos de concreto, el cual es un grave problema para el medio ambiente. En el Perú los escasos rellenos sanitarios no son suficientes para la alta demanda de residuos, lo cual lleva a un incremento del deterioro del medio ambiente. Dada esta necesidad, investigan la influencia del agregado grueso reciclado en las propiedades del concreto, con una sustitución del 25%, 30%, 40%, 50% del agregado natural, y usando un cemento puzolánico tipo IPM. Posteriormente se compara frente a un concreto convencional. Mediante ensayos, guías de laboratorio, notas y programas computacionales llevan a cabo esta investigación. Según los resultados obtenidos, la granulometría de los agregados resultó ser apto para la elaboración del concreto y a la vez presento una resistencia de compresión del 26% superior a la de diseño de 280 kgf/cm². Finalmente se llegó a la conclusión que la sustitución

de los agregados naturales por agregados reciclados en las proporciones mencionadas no afecta mucho las propiedades del concreto, con lo cual se hace factible su uso en la construcción.

Ccopa [14], menciona que el concreto es uno de los materiales más usados a nivel mundial, lo cual hace que la industria del cemento sea responsable del 5-8% de contaminación de CO₂ en todo el mundo. El uso del concreto en Puno es muy importante, por lo cual hace necesario conocer la influencia del grafeno en las propiedades de resistencia y trabajabilidad, puesto que esta región es de clima híbrido. En su investigación para llevar a cabo el análisis de estas propiedades propone el diseño, mediante el método del ACI 211, un concreto convencional y un concreto con adición de grafeno del 0.5%, 1% y 1.5%, para posteriormente mediante ensayos de laboratorio hacer la comparación. Cabe mencionar que, para llevar a cabo la dispersión de grafeno, se hizo mediante el método de dispersión por sonicación, ya que esta era la más viable para la correcta dispersión. En los resultados se obtuvo que la resistencia a compresión del concreto con adición de óxido de grafeno del 0.5%, mejoró en un 26% frente al concreto patrón; además, en los ensayos de asentamiento, mejoró su trabajabilidad. En cuanto al costo del concreto elaborado con adición de grafeno incremento en un 46%. En conclusión, la adición de óxido de grafeno mejora las propiedades del concreto; sin embargo, el elevado costo actual de grafeno no hace viable su uso en grandes volúmenes.

Galán y Nieto [9], mencionan que el Perú posee una enorme cantidad de infraestructuras que están en contacto directo o semidirecto con el mar. El agua de mar contiene grandes cantidades de sulfatos los cuales afectan a la durabilidad del concreto debido a la alta permeabilidad del mismo. En la investigación se analizó la influencia de los nanotubos de carbono en la permeabilidad del concreto, en la cual se empleó el método de dispersión por ultrasonido en los nanotubos de carbono para homogeneizarlo con los demás materiales; además, se empleó un superplastificante para garantizar la mezcla. Se realizó un diseño patrón para una resistencia de 410 kgf/cm² y otros adicionados con nanotubos al 0.05%, 0.10%, 0.15% del peso del cemento, usando el diseño de mezclas ACI 211.1. Según los resultados de esta investigación al aumentar la adición de nanotubos el asentamiento disminuye, la resistencia a la compresión aumenta hasta en un 23% para 0.15% de nanotubos y la penetración del agua disminuye hasta en un 86% para 0.15% de nanotubos. Se llegó a la conclusión que la adición de los nanotubos de carbono es una propuesta interesante para mejorar la durabilidad y propiedades del concreto.

Bases teóricas

Nanotecnología

"Nanotecnología" se utiliza ampliamente para definir las ciencias, técnicas y procedimientos que se aplican a nivel de nano escala, es decir, dimensiones extremadamente minúsculas. Esta palabra viene de "nanos" que permiten trabajar y controlar sus átomos y moléculas. Así, se impulsaría la posibilidad de fabricar materiales y máquinas a partir de la modificación de partículas y átomos. Un nanómetro es idéntico en escala a la milmillonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$) [15].

Grafeno

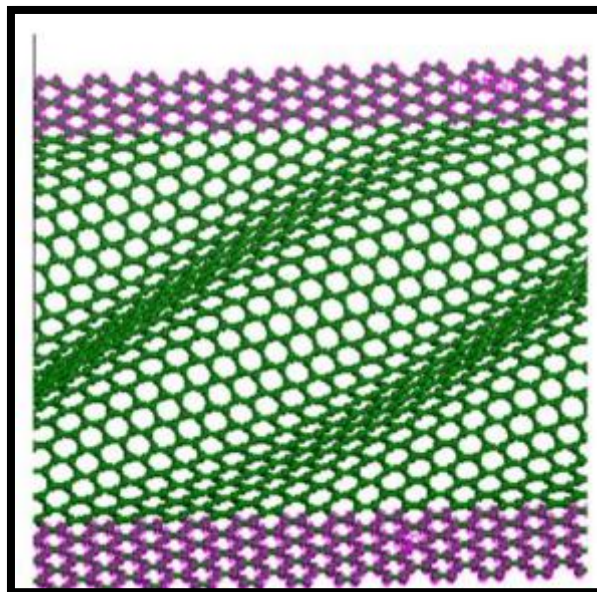
Definición y conceptos generales

La aparición del grafeno para la ciencia no es sorprendente. La nanotecnología ha ido creciendo en las dos últimas décadas, lo que ha generado que se produzcan diversos materiales con propiedades prometedoras. La idea de reducir a escala nanométrica los materiales, ha conseguido verificar que las propiedades físicas y químicas cambian notablemente respecto al mismo material, pero de tamaño más grande. Alguno de estos materiales son los nanotubos de carbono, puntos cuánticos de semiconductores, nano fibras, etc [15].

El grafeno se descubrió en el año 2004; en otras palabras, se aisló por primera vez del grafito, de la misma punta del lápiz, salió por casualidad una fina lámina del espesor de un átomo, con la ayuda de una cinta aislante. Este material se caracterizó, se identificaron sus propiedades y aplicaciones. Son muchas las aplicaciones que tiene este material mejoran las propiedades del elemento con el que se mezcla. El grafeno es un alótropo del carbono, una lámina bidimensional casi plana conformada por una red hexagonal de átomos de carbono dando la apariencia de un panal de abejas. Puede reaccionar con otras sustancias para producir compuestos de diversas propiedades. Esto lo vuelve un material de gran potencial de desarrollo [13].

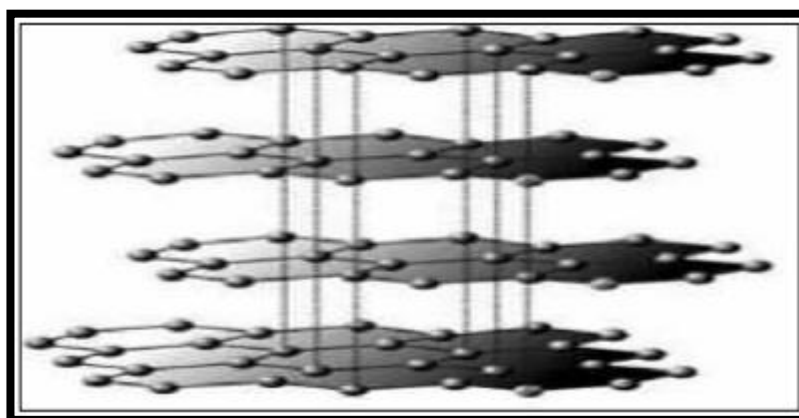
El nombre proviene de grafito + eno. El grafito es una gran cantidad de láminas de grafeno colocadas una encima de otras. Las fuerzas de Van der Waals e interacciones entre orbitales π de los átomos de carbono, son las que enlazan a este conjunto de láminas de grafeno.

Figura N° 1: Estructura de una membrana de grafeno



Fuente: [16]

Figura N° 2: Grafito formado por capas de grafeno que interactúan débilmente entre sí



Fuente: [16]

El grafeno es un material bidimensional de tan solo un átomo de espesor. Su estructura en forma de lámina plana está compuesta de átomos de carbono que forman una red hexagonal. A simple vista puede parecer un material débil y delicado, ya que es como una tela transparente; sin embargo, es un material ultra resistente y además posee una gran capacidad de conductividad eléctrica.

El grafeno tiene un espesor tan pequeño que con tan solo 1g bastaría para cubrir un estadio completo.

Propiedades del grafeno

Tabla N° 1: Las propiedades más destacadas del grafeno

Propiedades del grafeno	Alta conductividad térmica y eléctrica.
	Alta elasticidad y dureza.
	Resistencia (200 veces mayor que la del acero).
	El grafeno puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar compuestos con diferentes propiedades, lo que dota a este material de gran potencial de desarrollo.
	Soporta la radiación ionizante.
	Es muy ligero, como la fibra de carbono, pero más flexible.
	Menor efecto Joule; se calienta menos al conducir los electrones.
	Consume menos electricidad para una misma tarea que el silicio.
	Genera electricidad al ser alcanzado por la luz
	Módulo de Young de 1TPa

Fuente: [16]

Residuos Sólidos

Son sustancias, que se encuentran en estado sólido o semisólido de los cuales su causante dispone, o está forzado a disponer. El causante es aquella persona o entidad que debido a sus actividades generan estos residuos, tal como importador, distribuidor, fabricante, comerciante o usuario. Estos residuos según su origen pueden ser: domiciliarios, comerciales, industriales, municipales, agropecuarios, producto de la construcción, actividades especiales, entre otros [8].

Residuos de Construcción y Demolición

Son aquellos residuos inertes producto de las actividades de construcción y demolición de infraestructuras civiles [8].

El Concreto

Es un material conformado por cemento, agua, agregados y convenientemente aditivos en ciertas proporciones, y el aire como elemento pasivo, en un principio presenta una forma plástica y moldeable, y que después se vuelve un material rígido con propiedades aislantes y resistentes, el cual se convierte en un material ideal para la construcción [17].

Las cantidades típicas en volumen de los componentes del concreto son: aire de 1% a 3%, cemento de 7% a 15%, agua de 15% a 22%, agregados de 60% a 75% [17].

El concreto es un material artificial, formado de una pasta (medio ligante), al cual se agrega material denominado agregado (medio ligado). El concreto cuenta con dos fases, la primera es la fase continúa, la cual está representada por combinación del cemento y agua, a esta se le llama pasta. La segunda es la fase discontinua, esta representa a los agregados. Es discontinua ya que las partículas de agregados en el concreto se encuentran separadas [18].

Clinker Portland

Es producto de la combinación de la cal, ya sean las calizas, sílice y alúmina, arcillas, y de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Con una dosificación y mezcla correcta, estos materiales sin tratar se muelen para ser calentados a una temperatura de 1500°C. a fin de producir las reacciones entre los materiales del cemento. El producto que se obtiene es conocido como Clinker de cemento portland. Después es enfriado para adicionarle cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso) con el fin de formar el cemento portland [18].

Cementos

Los cementos son materiales triturados hasta pulverizarlos que al mezclarlos con el agua adquieren la propiedad de formar una pasta capaz de endurecer, ya sea bajo el agua, al aire libre y que a su vez forma una composición sólida [18].

Cemento Portland

Este es el resultado de la trituración del Clinker Portland adicionado de sulfato de calcio. También se pueden adicionar otros productos si estos no exceden el 1% en peso del total y además deben cumplir con lo establecido en la norma para que su adición no altere las características del cemento resultante. Este material al ser mezclado con el agua endurece adquiriendo resistencia y adherencia [18].

Tabla N° 2: Principales componentes del Cemento Portland Pasquel

Nombre del Componente	Composición oxida	Abreviatura
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato <u>Bicálcico</u>	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3$	C_3A
<u>Aluminoferrato</u>	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SO_3

Fuente: [17]

Algunos de estos componentes definen el comportamiento del cemento de la siguiente forma

Tabla N° 3: Principales componentes del Cemento Pórtland

Silicato Tricálcico:	Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor d de hidratación.
Silicato Dicálcico:	Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.
Aluminato Tricálcico:	Junto con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso para controlarlo
Aluminoferrato:	Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
El yeso:	Es el que regula la velocidad con que se desarrolla el endurecimiento del cemento, debe ser controlada dentro de ciertos límites para que este sea un producto útil en la construcción.

Fuente: Pasquel [17]

Tipos de cemento Portland

Según la NTP 334.082 se clasifican los cementos de acuerdo con sus propiedades específicas.

Tabla N° 4: Principales componentes del Cemento Pórtland

TIPO GU:	Cemento Portland para construcciones generales. Usar cuando no se requieran propiedades especiales.
TIPO HE:	De alta resistencia inicial.
TIPO MS:	De moderada resistencia a los sulfatos.
TIPO HS:	De alta resistencia a los sulfatos.
TIPO LH:	De bajo calor de hidratación

Fuente: Pasquel [17]

El agua

Es un componente primordial en el diseño de mezcla y curado del concreto, por esto la importancia de verificar que esta no contenga impurezas la cual altere su diseño y por ende afecte las propiedades del concreto.

El agua es el que hidrata al cemento, y a la vez afecta a en la trabajabilidad de la mezcla [17].

Si su composición química es apta para consumo humano, entonces no habría problema en usarla para el concreto; en conclusión, toda agua que no presente color ni sabor y que pueda ser bebida se puede utilizar en la mezcla de concreto [19].

Tabla N° 5: Límites permisibles de contenidos y sustancias disueltas

Descripción	Límites permisibles
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia Orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1 00 ppm máximo
Sulfatos (<u>ión</u> SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (<u>ión</u> Cl)	1 000 ppm máximo
PH	5 a 8 máximo

Fuente: NTP 339.088.

Los Agregados

El agregado es importante para determinar la calidad del concreto. Interviene en la resistencia y durabilidad. Los agregados constituyen alrededor de 75% del volumen del concreto y son vitales para el desempeño de este. Además, sirven como un relleno de bajo costo [19].

En general, son materiales inertes; por lo tanto, no se generan ningún tipo de reacciones con el resto de las componentes de mezclas, sobre todo con el cemento. No obstante, existen agregados que debido a su fineza aportan mejoras en las propiedades del concreto, aumentando su resistencia mecánica[18].

Los agregados son clasificados a raíz de su procedencia, densidad, gradación, forma y textura, siendo los más usados:

Tabla N° 6: Clasificación de los agregados por su procedencia: densidad, gradación, forma y textura

Clasificación	Descripción
Por procedencia	Los agregados naturales tienen su origen en canteras. Estos se pueden utilizar tal y como son extraídos o pueden ser modificados por el hombre, manteniendo siempre las características de la roca madre. Los agregados artificiales, son los que resultan de los procesos de transformación a los agregados naturales, como por ejemplo el concreto reciclado, arcillas expandidas, y otros.
Por densidad	Los agregados pueden ser ligeros, normales y pesados, depende de su densidad, lo que logrará influir en la densidad del concreto.
Por gradación	Los agregados finos son aquellos que tienen partículas entre los tamices N°3/8" y N°200, siendo el más común la arena. Los agregados gruesos son aquellos que tienen partículas que se retienen en el tamiz N°4, siendo los más comunes la piedra chancada y la grava.

Fuente: Clasificación de los agregados según Rivva [19].

Propiedades de los agregados

Los agregados son primordiales para el concreto, por eso es importante conocer las propiedades más resaltantes de este, se describen a continuación.

- 1) **Módulo de finura:** es la suma de los porcentajes de materiales que se acumulan en una serie de mallas divididas entre 100, estas mallas están establecidas según NTP 400.011.
- 2) **Peso Específico:** Es la masa de un material dividida entre masa de agua, ambos deben tener un mismo volumen y temperatura [18].
- 3) **Peso Unitario:** Es la cantidad de material que se requiere para llenar una unidad de volumen, según la NTP 400.017.
- 4) **Absorción:** Es la capacidad de un material de contener agua en sus poros, pero su superficie se encuentra seca.

- 5) **Dureza:** Es la resistencia que tiene el agregado ante el desgaste.
- 6) **Contenido de humedad:** Es el exceso de agua contenido en un material, pero este presenta una superficie seca, se mide en %.
- 7) **Módulo de elasticidad:** Es la resistencia que tiene el agregado ante las deformaciones producto de diferentes esfuerzos [17].
- 8) **Granulometría:** Es la cantidad de partículas en diferentes tamaños de un material y se expresa en %. Con este se puede determinar el tamaño máximo y mínimo de un agregado [18].
- 9) **Porosidad:** Es la cantidad de vacíos de un material en un volumen determinado. Tiene mucha influencia sobre las propiedades del agregado [18].

Aditivos

Un aditivo es aquel componente extra que se le agrega antes o durante el mezclado de un concreto o mortero, este componente no es agua, agregado o alguna fibra de refuerzo [18]. Este componente o material puede ser de origen orgánico o inorgánico, el cual modifica, según se requiera, las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto o cemento [17].

Clasificación de los Aditivos

A continuación, se describen algunos de los aditivos más usados en la construcción.

- 1) **Acelerantes:** Incrementan significativamente la resistencia inicial, con lo cual se acorta el tiempo de fraguado. Este cumple con lo establecido por las Normas NTP 339.086 o 339.087.
- 2) **Incorporadores de Aire:** Estos aditivos mejoran el comportamiento del concreto ante cambios climáticos extremos, como el proceso de congelamiento y el proceso de deshielo. Estos aditivos se basan en la NTP 339.086.
- 3) **Reductores de Agua y Reguladores de Fragua:** Su finalidad es disminuir la cantidad de agua requerida en una mezcla y cambiar los procesos de fraguado. Se basan en la NTP 339.086 o 339.087.
- 4) **Aditivos Minerales:** Estos pueden ser cementantes o puzolánicos y su finalidad durante es ayudar a las partículas más finas para que la resistencia final del concreto aumente. La adicción de este se hace durante el proceso de mezclado. Se rige en base a la ASTM C-618.
- 5) **Impermeabilizantes:** Este ingresa a las grietas del concreto formando un relleno, el cual reduce la penetración del agua.

- 6) **Superplastificantes:** Este se usa para reducir significativamente la cantidad de agua del concreto sin producir efectos sobre el fraguado. También se usa para incrementar la plasticidad del concreto, sin la necesidad de adicionarle más agua.

Concreto Reciclado

El concreto reciclado, está constituido por agregados provenientes de materiales reciclados, esta puede ser la sustitución parcial o total de los agregados naturales. Estos materiales se pueden obtener por procesos de trituración, cribado, etc [7].

Agregados reciclados

Es aquel agregado que proviene del reprocesado de los desechos obtenidos en los RCD. Los RCD son principalmente escombros de ladrillos, desechos de concreto, polvo, arena, madera, papel, plásticos, cartón, y metales. Los residuos de concreto forman el mayor porcentaje de RCD. Se ha comprobado que estos escombros después de ser seleccionados, triturados y tamizados pueden usarse como sustitutos de los agregados gruesos naturales [7].

Propiedades del Concreto

Propiedades del concreto en estado fresco

Estas propiedades se presentan cuando el concreto está recién preparado, su estado es plástico y moldeable, en este caso no se origina el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

- 1) **Trabajabilidad:** Es la facilidad o dificultad que presenta el concreto durante su mezclado, transporte y colocación [17].
- 2) **Consistencia:** Es la capacidad del concreto para moldearse a un encofrado [17].

Propiedades del concreto en estado endurecido

- 3) **Elasticidad:** Es la capacidad del concreto de presentar una deformación permanente sometida a una carga variable [18].
- 4) **Resistencia:** Es la capacidad de resistir cargas, esfuerzos, el concreto tiene una resistencia a la compresión muy buena a diferencia de su resistencia a la tracción [18].
- 5) **Porosidad:** Es la cantidad de vacíos que contiene la estructura interna del concreto en estado endurecido.
- 6) **Impermeabilidad:** Es la capacidad del concreto de resistir la filtración de un fluido. Esto depende de la porosidad, a mayor cantidad de poros, es más permeable. Esta

propiedad define la durabilidad que tendrá el concreto cuando esté sometido a ambientes agresivos; además, ayuda a que no se produzca la corrosión del acero.

- 7) **Durabilidad:** Es la capacidad de resistir los ataques químicos, biológicos y otros tipos de ataques presentes en los diferentes ambientes al cual estará sometido el concreto [3].

Diseño de mezcla con el método del ACI 211

Este es un método efectivo y simple, se basa en tablas las cuales permiten obtener la cantidad de materiales requeridas por m³ de concreto.

Para estimar la cantidad de materiales requerida por m³, el diseño según el método ACI, requiere de las propiedades de los materiales, las cuales son determinadas mediante ensayos estandarizados por normativas, y esta permite preparar una mezcla adecuada para el trabajo que se va a realizar [18].

Definición de términos básicos

Curado

Este proceso es importante en el desarrollo de la resistencia del concreto. Este comienza a partir del vaciado del concreto, el cual consiste en mantener la temperatura y humedad durante largos periodos de tiempo, este ayuda a que el concreto alcance la máxima resistencia determinada en su diseño.

RCD

Residuos de construcción y demolición.

Materiales y métodos

Según Balestrini [20], la metodología de la investigación es un conjunto de pasos a seguir, con la finalidad de que las respuestas de la información sean efectivas y precisas. Es decir, es la configuración sistemática para la recolección, ordenamiento y análisis de la información, la cual permita al investigador interpretar los resultados de acuerdo con el problema que investigue.

Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con la hipótesis planteada, el tipo de investigación es cuantitativa, dado que se realizará una serie de recopilación de datos del comportamiento del concreto reciclado con la adición de nanoplaquetas de grafeno para posteriormente medirlos. Además, el nivel de investigación es descriptiva, puesto que, se van a describir las características y propiedades del concreto reciclado, los materiales que lo forman, y los nanoplaquetas de grafeno. El propósito de esta investigación es aplicativo, ya que, al tener más estudios sobre el comportamiento del concreto reciclado con la adición de nanoplaquetas, impulsará a las grandes empresas a implementar su uso en futuras construcciones.

Diseño de investigación

Dado que el objetivo de estudio será analizar la influencia de la adición de nanoplaquetas de grafeno en la durabilidad y resistencia de en un concreto reciclado, se recurrió a un diseño experimental para analizar su comportamiento y llegar a una conclusión.

Población, muestra, muestreo

Población

La población viene a ser un conjunto de elementos sobre el que se quiere obtener información. En el presente estudio la población conforma la mezcla del concreto con diseño de un $f'c=280\text{kgf/cm}^2$ mediante el método ACI 211 y se le adicionará agregado reciclado y nanoplaquetas de grafeno.

Muestra

La muestra escogida se realizó empleando un muestreo no probabilístico o por conveniencia y está constituida por los ensayos de resistencia y durabilidad para el concreto con adición y sin adición de agregado reciclado y nanoplaquetas de grafeno. En los ensayos de resistencia se harán considerando 2 probetas como mínimo por cada indicador, tal como indica la norma peruana. Para los ensayos de durabilidad de considerará como mínimo 1 probeta por cada indicador, tal como indica la norma española UNE-EN 12390-8, y también de acuerdo con lo indicado por la norma ASTM para cada ensayo. Por lo cual se calculó 80 probetas de $D=15\text{cm}/H=30\text{cm}$ y 60 Viguetas de $2.5 \times 2.5 \times 28.5$ cm, haciendo una muestra total de 140.

Tabla N° 7: Cantidad de muestras a ensayar (tamaño de muestra).

MUESTRA																	
Adición de Nanoplaquetas de Grafeno respecto al peso del cemento (%)	Reemplazo de Agregado Natural por Agregado Reciclado (%)	Resistencia a la Compresión				Modulo de Elasticidad Y Coeficiente de Posion		Abrasion		Permeabilidad		Exposición acelerada al ataque por sulfatos					
		Probetas										Viguetas (2,5 x 2,5 x 28,5 cm3)		Cubos (5 x 5x 5 cm3)			
		D= 15 cm / H= 30cm															
		a/c=0,46		a/c=0,53		a/c=0,46		a/c=0,53		a/c=0,46		a/c=0,53		a/c=0,46	a/c=0,53	a/c=0,46	a/c=0,53
7 días		28 días		7 días		28 días		28 días		28 días		28 días		28 días	28 días	28 días	28 días
0	0	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	6	6	
0	100	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	6	6		
0.05	100	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	6	6		
0.10	100	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	6	6		
0.15	100	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	6	6		
Total		10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	15	15	30	30		
		80										30		60			
		170															

Fuente: Elaboración Propia

Unidad de análisis

Según [20], son los elementos del universo, sus características establecen los límites de quien incluye y quien excluye el universo, es de quien se predica una propiedad, es de quien se tomó la medición o preguntó. En pocas palabras se centra en los objetos de estudio específicos, estos sirven de herramienta de estudio en esta investigación, la unidad de análisis serán las probetas y viguetas de concreto con las diversas adiciones.

Criterio de selección

- ✓ Los agregados reciclados serán adquiridos de la empresa “Construcciones Ecológicas”.
- ✓ Los agregados naturales serán adquiridos de la cantera “La Victoria” de la provincia de Chiclayo.
- ✓ Se usará Cemento Pacasmayo tipo MS, por la facilidad de adquisición; además, que es el cemento más usado en la región Lambayeque debido a su resistencia moderada ante ataques de sulfatos.
- ✓ Los nanoplaquetas de grafeno serán proporcionados por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Hipótesis y operacionalización de variables

Hipótesis

La adición de nanoplaquetas de grafeno mejora la durabilidad y resistencia del concreto reciclado.

Operacionalización de variables

Las variables de estudio y operacionalización se muestran en la tabla siguiente.

Tabla N° 8: Operacionalización de Variables

Tipo de Variable	Variable	Dimensión	Indicador	Rango de Aplicación	Unidad de medida	Método de medición
Independiente	Adición de Nanoplaquetas de Grafeno	Dispersión	Método de dispersión por zonificación	0.05%, 0.10%, 0.15%	Peso (%)	Equipo de ultrasonido
Independiente	Adición de Agregado Reciclado y Natural	Características	Granulometría	100%	Peso (gr)	NTP 400.012
			Absorción y Peso Específico		%	NTP 400.022
			Contenido de humedad y peso unitario		%	NTP 339.185
			Abrasión del agregado grueso	-	%	NTP 400.019
Dependiente	Propiedades del Concreto en estado fresco y Endurecido	Estado Fresco	Asentamiento	-	Pulgadas	NTP 339.035
		Estado Endurecido	Resistencia Compresión	-	Kgf/cm2	NTP 339.034
			Ensayo de profundidad de penetración del agua bajo presión	-	mm	UNE-EN 12390-8
			Ensayo para determinar el módulo de Poisson y el Módulo de Elasticidad	-	MPa	ASTM C469-2010
			Ensayo De Abrasión	-	Peso (g)	ASTM C944
			Resistencia ante ataque de Sulfatos	-	%	NTP 334.094

Fuente: Elaboración Propia

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

En primer lugar, para el desarrollo de esta investigación usaremos la técnica de recolección de información de diferentes bibliografías consultadas e interpretadas.

En el caso de ingeniería, las técnicas a emplear en la investigación para recopilar toda información se deben presentar con los respectivos formatos de cada tarea.

En segundo lugar, en esta investigación se realizarán ensayos a probetas de concreto con adición de agregados reciclados y nanoplaquetas de grafeno, probetas de concreto con agregado reciclado y probetas de concreto con agregados naturales (muestra patrón). Con lo que se buscará contrastar los resultados de las muestras mediante el ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión, ensayo de resistencia a la compresión y ensayo de resistencia a la tracción. Utilizando la técnica de la observación, se recogerá los datos obtenidos en el laboratorio y se plasmará en hojas de cálculos virtual como el Microsoft Excel, este nos facilitará la interpretación y análisis de los datos obtenidos.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento para emplearse en esta investigación es en base a los ensayos de laboratorio que se realizarán, y estos cumplirán con los procedimientos y requisitos de la Norma Técnica Peruana (NTP), para los ensayos de compresión del concreto en muestras cilíndricas (NTP 339.034), para los ensayos de profundidad de penetración del agua (UNE-EN 12390-8) y para los demás ensayos a realizarse considerarse la normativa peruana vigente.

Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados y presentados en esta investigación están validados por los lineamientos y estándares de la Norma Técnica Peruana, Norma Española y Normas ASTM.

Estrategia metodológica

Procedimiento para la obtención de los materiales.

Obtención de los agregados reciclados.

En este proceso se obtendrán los agregados reciclados, los cuales por conveniencia serán adquiridos de la empresa Construcciones Ecológicas, ya que esta empresa, recolecta RCD y realiza previamente un proceso de seleccionado, triturado y tamizado de los residuos de

construcción, con lo cual el agregado final que se obtiene presenta una mejor calidad. Cabe mencionar que estos agregados son la arena gruesa y piedra chancada de ½”.

La proveniencia de los agregados reciclados resulta de los residuos de construcción de demolición de las diversas obras ubicadas en la provincia de Lima, puesto que es aquí donde se ubica la empresa Construcciones Ecológicas y recolecta estos residuos previamente en coordinación con las empresas que desean eliminar los RCD.



Figura N° 3: Adquisición de los Agregados reciclados.



Figura N° 4: Agregado grueso reciclado



Figura N° 5: Agregado fino reciclado

Fuente: Elaboración Propia

Obtención de los agregados naturales.

Para la obtención de los agregados naturales serán adquiridos de la cantera La Victoria que se encuentra en la Provincia de Chiclayo.



Imagen N° 1: Adquisición de los Agregados Naturales

Fuente: Elaboración Propia

Obtención de los nanoplaquetas de Grafeno.

Estos materiales serán donados por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.



Figura N° 6: Nanoplaquetas de grafeno

Fuente: Elaboración Propia

Obtención del cemento y aditivo plastificante.

El cemento y el aditivo serán adquiridos de cualquier ferretería de la localidad de Chiclayo. Cabe mencionar que el cemento es tipo MS y el aditivo es de la marca SIKA.



Figura N° 7: Aditivo plastificante SIKACEM.



Figura N° 8: Cemento Fortimax-Pacasmayo.

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de los ensayos en los agregados.

Cabe mencionar que estos ensayos se aplicaron tanto en los agregados reciclados y agregados naturales.

Granulometría

El ensayo de granulometría se basa en la NTP 400.012 y este se aplica tanto en los agregados finos y gruesos ya sean naturales o reciclados. Este ensayo tiene como fin obtener cuantitativamente los tamaños de partículas de agregados gruesos y finos de un material seco por separación, mediante el uso de tamices.

Normativa:

NTP 400.012: AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Instrumentos:



Imagen N° 2: Tamices para Agregado Fino.



Imagen N° 3: Rastrillo.



Imagen N° 4: Horno



Imagen N° 5: Tamices para Agregado Grueso.



Imagen N° 6: Cucharón.



Imagen N° 7: Brocha



Imagen N° 8: Balanza



Imagen N° 9: Recipientes

Fuente: Elaboración Propia

Muestra:

Según la normativa, para el agregado fino se utilizará 300 g como mínimo, después del secado en el horno.



*Imagen N° 10: Muestra de 500g
Agregado Fino Natural*



*Imagen N° 11: Muestra 500g Agregado
fino reciclado*

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que este ensayo se realizó en un laboratorio externo.

Agregado Fino

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la $\frac{1}{4}$ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.
7. Se pasa la muestra tamiz por tamiz, obteniendo el peso retenido en cada uno de ellos y colocando lo que pasa en el de menor abertura próxima.

- Se limpian los tamices con el rastrillo para aberturas grandes y con la brocha para las más pequeñas.

Agregado Grueso

Previo a comenzar los ensayos a los agregados se realizó el cuarteo tanto para el agregado natural y reciclado.



Imagen N° 12: Cuarteo del agregado reciclado



Imagen N° 13: Cuarteo del agregado natural

Fuente: Elaboración Propia

- Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
- Se escogen 7 kg de la muestra cuarteada.
- Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
- Se pesa la muestra seca.
- Se pasa la muestra tamiz por tamiz, obteniendo el peso retenido en cada uno de ellos y colocando lo que pasa en el de menor abertura próxima.

Cálculo

$$\%R = \% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}} * 100$$

$$\%RA = \% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido Anterior} + \% \text{ Retenido Actual}$$

$$\%P = \% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

MF = Módulo de Fineza

$$= \frac{\%RA \text{ del Tamiz}(3+11/2''+3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Contenido de Humedad

Este ensayo calcula el porcentaje total de contenido de humedad en los agregados.

Normativa: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Aparatos:



Imagen N° 14: Horno



Imagen N° 15: Balanza



*Imagen N° 16:
Recipientes*



Imagen N° 17: Cucharón

Fuente: Elaboración Propia

Agregado fino

Procedimiento:

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.

Agregado Grueso

Procedimiento:

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 7 kg de la muestra cuarteada.
3. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
4. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
5. Se pesa la muestra seca.

Cálculos:

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

Donde:

P: Contenido total de humedad.

W= Peso de la muestra húmeda en gramos (g).

D= Peso de la muestra seca (g).

Peso específico y Absorción

Agregado fino

Este ensayo se realizará tanto para los agregados finos naturales, reciclados. De acuerdo con la NTP 400.022 el siguiente ensayo a realizarse inquiera diagnosticar el PES, PESSS, PEA y porcentaje de absorción de agregado fino.

Aparatos: Balanza (precisión de 0.1 g), picnómetro (vol. 500cm³), barra, molde, envase para la muestra, compactadora y estufa.



Imagen N° 18: Horno



Imagen N° 19: Cono y Pisón



Imagen N° 20: Cucharón



Imagen N° 21: Fiola



*Imagen N° 22:
Recipientes*



Imagen N° 23: Balanza

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.
2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la $\frac{1}{4}$ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 1000 g de la muestra cuarteada.
4. Se satura la muestra en un recipiente por 24 h.
5. Se decanta el agua con mucho cuidado de no derramar el material.
6. Esparcir en un recipiente metálico extendido y secar a la intemperie por 2 h.
7. Para comprobar la consistencia Saturada Superficialmente Seca (SSS), se utiliza el cono, poniendo la primera de 3 capas y utilizando el pisón para dar 10 golpes por capa, a excepción de la última (5 golpes).
8. Se levanta el cono y si la altura es mayor a $\frac{3}{4}$ del cono, se ha obtenido la condición SSS.
9. Se escogen y pesan 500 g.
10. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
11. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
12. Se pesa la muestra seca.
13. De la condición SSS se utilizan 500 g para realizar el ensayo de peso específico.
14. Se pesan las Fiolas y se coloca la muestra.
15. Se coloca agua del grifo hasta la marca y se tapan.
16. Se agita hasta eliminar las burbujas dentro del recipiente y se dejan reposar por 24 h.
17. Vaciar el contenido en un recipiente y decantar toda el agua, inclinando el recipiente y usando un succionador.
18. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
19. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
20. Se pesa la muestra seca.

Agregado grueso

Este ensayo se realizará tanto para los agregados grueso natural, reciclados. De acuerdo con la NTP 400.022 el siguiente ensayo a realizarse inquiera diagnosticar PES, PESSS, PEA y porcentaje de absorción de agregado grueso.

Aparatos: Balanza (precisión de 5g), cesta con malla de alambre, tamices, recipiente con agua y estufa.



Imagen N° 24: Horno



Imagen N° 25: Balanza de Penfield.



Imagen N° 26: Cucharón



Imagen N° 27: Canastilla



Imagen N° 28: Recipientes



Imagen N° 29: Balanza

Fuente: Elaboración Propia

Preparación para la muestra:

Se efectuará el cuarteto al total del amuestra para conseguir un peso mínimo de 3 kg.

Se descartará todo el material pasante del tamiz N°4, después lavaremos el agregado para eliminar el polvo o cualquier otra impureza.

Procedimiento:

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la $\frac{1}{4}$ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 3 kg de la muestra cuarteada
3. Se lava el material.
4. Se satura la muestra en un recipiente por 24 h.
5. Se decanta el agua con mucho cuidado de no derramar el material.
6. Para obtener la consistencia Saturada Superficialmente Seca (SSS), se seca cuidadosamente el material con una franela si ejercer mucha presión.
7. Se escogen y pesan 2 kg para absorción.
8. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
9. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
10. Se pesa la muestra seca.
11. De la condición SSS se utilizan 226 g para realizar el ensayo de peso específico.
12. Se pesa la canastilla en la balanza de Penfield.
13. Se pesa la canastilla sumergida.
14. Se pesa el material y la canastilla sumergidos.
15. Se seca en el horno por 24 h a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
16. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
17. Se pesa la muestra seca.

Cálculos:

$$\text{Peso Específico SSS} = \frac{B}{B - C} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Peso Específico Seco} = \frac{A}{B - C} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{A - C} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Absorción, \%} = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100 (\%)$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca (gr)

B = Peso del amuestra saturada superficialmente seca (gr)

C = Peso en el agua de la muestra saturada

Peso unitario

Este ensayo se realizará siguiendo la NTP 400.017 y tanto para el agregado fino y grueso se requieren de los mismos aparatos y usan las mismas fórmulas.

Normativa: NTP 400.017: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

Aparatos: Balanza, barra compactadora de acero liso de 5/8”, recipiente con medida.

		
<p><i>Imagen N° 30: Moldes</i></p>	<p><i>Imagen N° 31: Varilla lisa</i></p>	<p><i>Imagen N° 32: Cucharón</i></p>
		
<p><i>Imagen N° 33: Martillo de goma</i></p>	<p><i>Imagen N° 34: Balanza</i></p>	

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.
2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la $\frac{1}{4}$ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 21 kg de la muestra cuarteada.
4. Pesar los moldes metálicos vacíos.
5. Para los pesos unitarios sueltos, se llenan los dos recipientes metálicos, previamente pesados.
6. Se retira el exceso con una regla lisa.
7. Se pesan los moldes llenos.

8. Para los pesos unitarios compactados, se realizan en 3 capas, cada una se varilla 25 veces con 15 golpes con un martillo de goma.
9. Se retira el exceso con una regla lisa.
10. Se pesan los moldes llenos.

Peso Unitario Compactado:

Se coloca el material seco en el recipiente y este se llena en tres partes, y cada una de ellas debe ser compactado con la ayuda de la barra lisa, el material que rebasa al recipiente se elimina con la ayuda de la barra lisa hasta que quede totalmente plano. Después el material es pesado y se registran los datos. El peso del material no debe contener el peso del recipiente.

Peso Unitario Suelto:

El material se coloca en el recipiente hasta rebasar, este se deja caer a una altura de no mayor a 2" por encima de la parte superior del recipiente. Y se procesa a pesar y registrar los datos.

Cálculos:

Para el cálculo del PUS o PUC, se usa la fórmula siguiente:

$$M = \frac{G - T}{V} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

Donde:

M = Peso unitario suelto o compactado del agregado (kg/m³)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado (kg)

T = Peso del recipiente de medida (kg)

V = Volumen del recipiente de medida (m³)

Ensayo de resistencia a la abrasión de los agregados gruesos.

Este ensayo se realizará siguiendo la NTP 400.019 y tanto para el grueso natural y reciclado, ya que se requieren de los mismos aparatos y usan las mismas fórmulas. Este ensayo consiste en medir la degradación de los agregados mediante una combinación de acciones normalizadas, las cuales incluyen abrasión, impacto, trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra.

Normativa: NTP 400.019: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles.

Aparatos: Máquina de los ángeles, tamices, balanza, esferas de acero.



Imagen N° 35: Recipientes



Imagen N° 36: Horno 110°C



Imagen N° 37: Tamices para la gradación de la muestra



Imagen N° 38: Tamiz N°12



Imagen N° 39: Máquina de los Ángeles



Imagen N° 40: Esferas de Acero



Imagen N° 41: Balanza

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

1. Se lava la muestra y se seca al horno por 24h en caso este tenga impurezas.
2. Separar cada fracción individual y recombinar a la gradación del Anexo N° 4.
3. Se escogen en total 5kg de la muestra.
4. Colocar la muestra de ensayo en la máquina de los ángeles a una velocidad de 33rpm hasta alcanzar las 500 revoluciones.
5. Luego descargar el material y realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz N°12, lavar el material más grueso que el tamiz N°12 y secar al horno por 24h.
6. Determinar la masa del material ensayado.

 <p><i>Imagen N° 42: cuarteo del agregado natural</i></p>	 <p><i>Imagen N° 43: cuarteo del agregado reciclado</i></p>	 <p><i>Imagen N° 44: lavado del agregado reciclado</i></p>		
 <p><i>Imagen N° 45: lavado del agregado natural</i></p>	 <p><i>Imagen N° 46: secado en el horno del agregado reciclado</i></p>	 <p><i>Imagen N° 47: secado al horno del agregado natural</i></p>		
 <p><i>Imagen N° 48: tamizado de los agregados según el tipo de</i></p>	 <p><i>Imagen N° 49: gradación “C” retenido en la malla 1/4”</i></p>	 <p><i>Imagen N° 50: gradación “C” retenido en la malla N°4</i></p>	 <p><i>Imagen N° 51: gradación “B” retenido en la malla 1/2”</i></p>	 <p><i>Imagen N° 52: gradación “B” retenido en la malla 3/8”</i></p>

<p><i>gradación del material.</i></p>			
<p><i>Imagen N° 53: Gradación "B" agregados reciclados</i></p>	<p><i>Imagen N° 54: Gradación "C" agregados naturales</i></p>		
 <p><i>Imagen N° 55: masa de 8 esferas para agregado reciclado</i></p>	 <p><i>Imagen N° 56: masa de 11 esferas para agregado natural</i></p>	 <p><i>Imagen N° 57: Agregado reciclado después del ensayo</i></p>	 <p><i>Imagen N° 58: Agregado natural después del ensayo</i></p>
 <p><i>Imagen N° 59: Masa del agregado reciclado después del ensayo</i></p>	 <p><i>Imagen N° 60: masa del agregado natural después del ensayo</i></p>		

Fuente: Elaboración Propia

Cálculos:

$$\%Desgaste = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

Diseño de mezclas según ACI 211

Previo a la realización del diseño de mezclas, se tendrán los resultados de los ensayos de los agregados, ya que este método requiere de las propiedades de estos para su diseño correcto.

A continuación, se explicará el procedimiento para las 10 dosificaciones planteadas en esta investigación.

Paso 1: Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr})

Se utiliza la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Resistencia a la Compresión Promedio

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO	
f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Diseño de mezclas Rivva [19]

Cabe mencionar, que para esta investigación se están empleando dos relaciones agua cemento a partir de un $f'_c=280 \text{ kgf/cm}^2$, la primera relación a/c 0.46 resulta sumando el $f'_c + 84$ tal como se muestra en la Tabla N° 9. Y la segunda relación a/c 0.53 resulta sumando el $f'_c + 35$, esto se hace con la finalidad de optimizar el uso de las nanoplaquetas de grafeno, puesto que, muchas investigaciones han demostrado mejorar las propiedades mecánicas del concreto, sin embargo, elevan el costo unitario del mismo.

El criterio que se tomó para sumar 35 al f'_c se basó en lo siguiente:

Sabiendo que el método de diseño de mezclas del COMITÉ 211.1 ACI plantea 2 formas de hallar la resistencia a la compresión promedio; la primera es mediante la Tabla N° 9, y la segunda es tomando el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2):

Ecuación N° 1

$$f'_{cr}=f'_c+1.34 s$$

Ecuación N° 2

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 s - 35$$

siendo s : desviación estándar.

Para el cálculo del factor de 35 kgf/cm² asumidos, solo se tomará en consideración de estas 2 ecuaciones el mayor de, $1.34*s$ ó $2.33*s - 35$, puesto que de estos dos factores tiene que resultar el valor de 35. El cálculo de la desviación estándar según el comité 211.1 ACI, descrita en el libro de diseño de mezclas de Rivva (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2018), se realiza teniendo un registro previo de ensayos de resistencia a la compresión de mínimamente 15 muestras. Como en la presente investigación no se cuenta con un registro de resultados previos a la realización de los ensayos, se optó por sustituir las 15 muestras mínimas por 6 antecedentes de investigación, sobre la adición de las nanoplaquetas de grafeno y su influencia en la resistencia a la compresión, las 6 investigaciones superan en total el mínimo de muestras previamente mencionada. Cabe mencionar que lo que se va a usar para el cálculo de la desviación estándar son los porcentajes de la resistencia a la compresión que mejora la adición de las nanoplaquetas de grafeno, y este valor se le reducirá porcentualmente al factor de seguridad de 84 kgf/cm² dado por el método del ACI. A continuación, se citan los autores y resultados obtenidos en sus ensayos.

Hisbani N. et al [21], Patrino A. et al [22], Ismail F. et al [23], Jiang Z. et al [24], Apaza y Rodríguez [25], Fonseka I. et al [26], obtuvieron que la resistencia a la compresión aumentó en 32.9%, 95.4%, 20.82%, 17%, 14%, 21% respectivamente, con lo cual hallando la desviación estándar con estos datos obtenemos un $s=30.99\%$, reemplazando en la ecuación 1 y 2 obtenemos el mayor valor resultado de la ecuación 1, siendo este $1.34*(30.99)=41.53\%$; entonces este valor vendría a ser un aproximado del porcentaje de resistencia a la compresión que aumenta la adición de las nanoplaquetas de grafeno.

Por lo cual, se asume que se podría disminuir la resistencia a la compresión en un 41.53%, pero del factor de 84 kgf/cm² dado en la Tabla N° 9 para hallar la resistencia a la compresión promedio, puesto que la adición de nanoplaquetas de grafeno va a compensar esta disminución de la resistencia promedio, logrando alcanzar la resistencia a la compresión de diseño $f'_c=280\text{kgf/cm}^2$. Finalmente haciendo la operación de estos valores resulta: $84-(84*(1-0.4153))=34.88$ redondeando a la unidad resulta 35 kgf/cm²,

Paso 2: Selección del TMN de agregado grueso

El Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso se escogerá en función al resultado obtenido en los ensayos de granulometría del agregado grueso natural o reciclado.

Paso 3: Selección del asentamiento

Basado en el libro de Rivva [19], para el asentamiento se tomará el criterio de acuerdo con la consistencia del concreto que se quiere, las cuales las clasifica en:

- a) Mezclas secas: aquellas cuyo asentamiento está entre cero y dos pulgadas.
- b) Mezclas plásticas: aquellas cuyo asentamiento está entre 3 y 4 pulgadas.
- c) Mezclas fluidas: aquellas cuyo asentamiento está entre 5 o más pulgadas.

En el Anexo N° 21, se adjuntan todos los ensayos de Slump obtenidos para cada los 9 diseños de mezclas de concreto con los diferentes porcentajes de adiciones de nanoplaquetas de grafeno y agregados reciclados.

Paso 4: Contenido de aire

Se utilizará solo el aire atrapado y no incorporado, ya que el diseño no lo amerita. Se utiliza la siguiente tabla:

Tabla N° 10: Contenido de aire atrapado

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Fuente: Libro Diseño de mezclas de Rivva [19]

Paso 5: Contenido de agua

Se utilizará la siguiente tabla:

Tabla N° 11: Volumen unitario de agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

* Esta Tabla ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI.
 ** Los valores de esta Tabla se emplearan en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corres-

Fuente: Libro Diseño de mezclas de Rivva [19]

Paso 6: Relación agua/cemento (a/c)

Por resistencia:

Cabe mencionar que para esta investigación se empleará la tabla de relación agua por resistencia; ya que se han definido en los objetivos 2 relaciones agua cemento. Se utilizará la siguiente tabla:

Tabla N° 12: Relación agua cemento por resistencia

RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA		
f _{cr} (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	...
450	0,38	...

* Esta Tabla es una adaptación de la confeccionada por el Comité 211 del ACI.
 ** La resistencia corresponde a resultados de ensayos de probetas cilíndricas estándar de 15 x 30 cm, preparadas y curadas de acuerdo a lo indicado en la Sección 9 (b) de la Norma ASTM C 31.
 *** Las relaciones agua-cemento se basan en tamaños máximos nominales del agregado grueso comprendido entre 3/4" y 1". La resistencia producida por la relación agua-cemento dada deberá incrementarse conforme al tamaño máximo nominal disminuye.

Fuente: Libro Diseño de mezclas de Rivva [19]

Para los f_{cr} que no se encuentran dentro de los valores de esta tabla se pueden hallar las relaciones agua cemento con la **Ecuación N° 3** a partir de los datos de esta tabla.

Ecuación N° 3: Ecuación para interpolación o extrapolación de valores, se usan los datos conocidos y a partir de ellos se puede hallar un valor dentro o fuera de sus rangos.

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) * (Y_2 - Y_1) \right]$$

Paso 7: Contenido de cemento

Para determinar la cantidad de cemento en peso, se realiza la siguiente ecuación:

Ecuación N° 4:

$$C = \frac{\text{Agua}}{a/c}$$

Para determinar la cantidad de cemento en bolsas, se realiza lo siguiente:

Ecuación N° 5

$$c = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso de una bolsa de cemento}}$$

Paso 8: Pesos de los agregados

Cálculo de b/b₀ y PS_{Ag}

Se utilizará la siguiente tabla:

Tabla N° 13: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino.			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

* El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado, tal como es definida por la Norma ASTM C 29.

** El cálculo del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente b/b_0 , permite obtener concretos con una trabajabilidad adecuada para concreto armado usual.

*** Para concreto menos trabajables, tales como los que se requiere en pavimentos, la relación puede incrementarse en un 10%. Para concretos más trabajables, tales como los concretos bombeados, los valores pueden reducirse en un 10%.

Fuente: Libro Diseño de mezclas de Rivva [19]

Entonces, el resultado del b/b_0 depende del TMN del agregado grueso y el MF del agregado fino es; para los valores de igual forma que no se encuentran dentro de esta tabla se puede usar la **Ecuación N° 3** para interpolar o extrapolar a partir de los datos de la Tabla N° 13.

Entonces, el peso seco del agregado grueso se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 6:

$$PS_{Ag} = PUCS_{Ag} * b/b_0$$

Volúmenes Absolutos

Se tiene lo siguiente:

- *Cemento*

Ecuación N° 7:

$$C = \frac{C_{Paso\ 7}}{\gamma_{Cemento}}$$

- *Agua*

Ecuación N° 8:

$$Agua = \frac{Agua_{Paso\ 5}}{\gamma_{Agua}}$$

- Aire

Ecuación N° 9:

$$Aire = \frac{Aire_{Paso\ 4}}{100}$$

- Agregado Grueso

Ecuación N° 10:

$$AG = \frac{PS_{Ag}}{\gamma_{Ag}}$$

- Agregado Fino

Ecuación N° 11:

$$AF = 1 - \sum \text{volúmenes}$$

✓ **Cálculo del PS_{Af}**

Ecuación N° 12:

$$PS_{Af} = AF * \gamma_{Af}$$

Paso 9: Condiciones secas

Se tendría lo siguiente:

$$C = C_{Paso\ 7}$$

$$AF = PS_{Af}$$

$$AG = PS_{Ag}$$

Paso 10: Corrección por humedad del agregado

Se tendría lo siguiente:

✓ **Cálculo del PHAf**

Ecuación N° 13:

$$PH_{Af} = PS_{Af} * \left(1 + \frac{\%H_{Af}}{100} \right)$$

✓ **Cálculo del PHAg**

Ecuación N° 14:

$$PH_{Ag} = PS_{Ag} * \left(1 + \frac{\%H_{Ag}}{100} \right)$$

Paso 11: Cálculo de agua efectiva

✓ **Aportes de humedad**

- *Cálculo del AP_{Af}*

Ecuación N° 15:

$$AP_{Af} = PS_{Af} * \left(\frac{\%H_{Af} - \%A_{Af}}{100} \right)$$

- *Cálculo del AP_{Ag}*

Ecuación N° 16:

$$AP_{Ag} = PS_{Ag} * \left(\frac{\%H_{Ag} - \%A_{Ag}}{100} \right)$$

- *Cálculo del AP_T*

Ecuación N° 17:

$$AP_T = AP_{Af} + AP_{Ag}$$

Agua efectiva*Ecuación N° 18:*

$$Aef = Agua_{Paso 5} - AP_T$$

Paso 12: Condiciones húmedas

Se tendría lo siguiente:

$$C = C_{Paso 7}$$

$$AF = PH_{Af}$$

$$AG = PH_{Ag}$$

$$Agua = Aef/c$$

$$\text{Aditivo} = (C_{Paso 7} * \% \text{aditivo}/100)/(\text{Densidad})$$

Paso 13: Dosificación en peso*Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua*

$$\frac{C_{Paso 12}}{C_{Paso 12}} : \frac{PH_{Af}}{C_{Paso 12}} : \frac{PH_{Ag}}{C_{Paso 12}} / Agua_{Paso 12}$$

Dispersión de las nanoplaquetas de grafeno

Para la dispersión de las nanoplaquetas de grafeno (NPG) será mediante la aplicación del método de dispersión por ultrasonido; según diversas investigaciones como es el caso de la investigación de Apaza Mango y Quispe Mamani [25], se analizaron diferentes tiempos de dispersión y potencias, en la cual los resultados mostraron que el tiempo de 60 minutos y a una potencia de 200 Watts (W) era de las más favorables; además, en dicha investigación se analizó que la cantidad en gramos (gr) de NPG por cada mililitro (ml) de agua más favorables es de relación 1 a 200,

Para llevar a cabo este método de dispersión se utilizó una máquina de dispersión ultrasónica de 10 litros, con una potencia máxima de 200W y una programación de tiempo de 30 minutos como máximo por cada tanda. Sin embargo, tal y como lo recomienda [25], para esta

investigación se empleó una potencia de 200W, un tiempo de 60 minutos en dos tandas de 30 minutos cada una debido a las limitaciones del equipo y 200ml de agua por cada gramo de NPG.

Instrumentos:



Imagen N° 61: Máquina de dispersión por ultrasonido



Imagen N° 62: Vaso de precipitado



Imagen N° 63: Recipientes



Imagen N° 64: Balanza



Imagen N° 65: Cucharon

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

El procedimiento consiste en mezclar los nanoplaquetas de grafeno con agua, de esta manera mediante la dispersión ultrasónica se conseguirá que los nanoplaquetas se mezclen adecuadamente y además se evitará que la decantación de este suceda rápidamente como se ha demostrado en la investigación [25]. Cabe mencionar que cada una de las mezclas serán acorde a los 3 porcentajes establecidos en esta investigación, estos porcentajes están relacionados con el peso de cemento que se calcule en el diseño de mezcla. Luego de realizar la dispersión se procederá a mezclarlo con los demás materiales que conforman al concreto.



Imagen N° 66: Peso de la muestra en proporción al peso del cemento.



Imagen N° 67: Colocación de los nanoplaquetas en el agua.



Fuente: Elaboración Propia

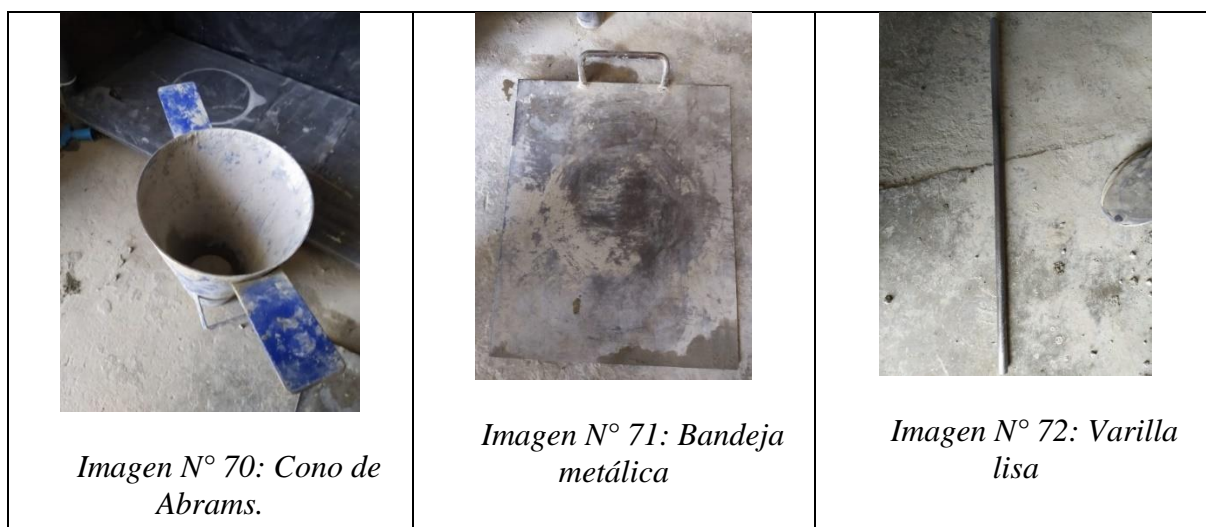
Ensayos del concreto en estado fresco

Previo a la realización de los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido, se procederá a realizar el mezclado del concreto, mediante una mezcladora mecánica, con las diferentes dosificaciones, las cuales son: concreto con 100% agregado natural al cual se le denominará concreto patrón, concreto con 100% de agregado reciclado al cual se le denominará concreto reciclado patrón; además, a este concreto reciclado patrón se le adicionará 0.05%, 0.10%, 0.15% de nanoplaquetas de grafeno dispersos previamente.

Asentamiento

Para la realización de este ensayo, se realizará de acuerdo con la NTP 339.035.

Herramientas:





Fuente: Elaboración Propia

Muestra:

Se utilizó la cantidad de una probeta de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura más un 20% de desperdicio para todas las dosificaciones.

Procedimiento:

1. Mezclado del concreto.
2. Se humedecen la bandeja, la varilla, el cucharón y el cono.
3. Se coloca la bandeja cerca del trompo y el cono encima.
4. Se pisan las aletas inferiores del cono.
5. Se realiza el vaciado del concreto con el cucharón en 3 capas, cada una con 25 varillazos concéntricos desde el exterior al interior.
6. Se enraza la parte superior con la varilla.
7. Se cogen las manijas del cono y cuidadosamente se levantan los pies del cono.
8. Se levanta verticalmente el cono y se lo coloca al lado de la muestra.
9. Se coloca la varilla encima del cono, el cual debe quedar encima del material también.
10. Se mide desde la superficie promedio del material hasta la parte inferior de la varilla con una wincha.
11. Si la medición cumple con el Slump diseñado, se considera correcto el diseño, de lo contrario se realiza un ajuste de proporción y se siguen los mismos pasos hasta obtener el valor deseado.

Realización de las probetas cilíndricas de concreto

Teniendo cada una de las proporciones de mezcla, se procederá a realizar las probetas de concreto.

Normativa: NTP 339.033: HORMIGÓN: Método de ensayo para elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.

Herramientas:

 <p><i>Imagen N° 76: Martillo de goma</i></p>	 <p><i>Imagen N° 77: Moldes metálicos para Probetas</i></p>	 <p><i>Imagen N° 78: Varilla lisa.</i></p>
 <p><i>Imagen N° 79: Trompo</i></p>	 <p><i>Imagen N° 80: Cucharón</i></p>	 <p><i>Imagen N° 81: Balanza</i></p>

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

En primer lugar, se humedecerá la mezcladora, para que de esta forma no absorba agua del concreto y así la dosificación sea óptima. En segundo lugar, se agregarán los agregados con sus proporciones correspondientes y se mezclarán por 3 a 5 minutos, esto se hace con la finalidad de homogeneizar los agregados. En tercer lugar, se le irá agregando el agua paulatinamente hasta completar la cantidad de agua calculada en el diseño de mezclas, cabe recalcar que parte

de esta agua contiene, los nanoplaquetas disueltos en agua y superplastificante. Finalmente, luego de ser incorporados todos estos materiales y mezclados con la mezcladora se procederá a colocarlos en los moldes metálicos para probetas de concreto, las cuales tendrán el siguiente procedimiento:

1. Se entornillan los moldes de las probetas.
2. Se engrasan por dentro las probetas.
3. Mezclado del concreto.
4. Se realiza el vaciado del concreto con el cucharón en 3 capas, cada una con 25 varillazos concéntricos desde el exterior al interior y 15 golpes con el martillo de goma alrededor de la capa.
5. Se enraza la parte superior con la plancha para tarrajeo.



Imagen N° 82:
 $a/c=0.46$ 0% AR +
 0%NG



Imagen N° 83: $a/c=0.46$
 100% AR + 0%NG



Imagen N° 84: $a/c=0.46$
 100% AR + 0.05%NG



Imagen N° 85:
 $a/c=0.46$ 100% AR +
 0.10%NG



Imagen N° 86: $a/c=0.46$
 100% AR + 0.15%NG



Imagen N° 87: $a/c=0.53$ 0%
 AR + 0%NG



Imagen N° 88:
 $a/c=0.53$ 100% AR +
 0%NG



Imagen N° 89: a/c=0.53
 100% AR + 0.05%NG



Imagen N° 90: a/c=0.53
 100% AR + 0.10%NG



Imagen N° 91:
 $a/c=0.53$ 100% AR +
 0.15%NG



Imagen N° 92: Varillazos
 concéntricos



Imagen N° 93: Golpes con
 martillo de goma

Fuente: Elaboración Propia

Ensayos del concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión

Según la NTP 339.034 describe lo siguiente:

Normativa: NTP 339.034: HORMIGÓN: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Equipos:



Imagen N° 94: Prensa Hidráulica

Fuente: Elaboración Propia

Procedimientos:

Para llevar a cabo estos ensayos, se realizan lo más antes posible después del tiempo de curado realizado, las probetas se pasan a la compresora para ejecutar el ensayo. Esta máquina genera una carga que incrementa continuamente hasta que se fracture el concreto, la velocidad de esfuerzo sobre la probeta es de 0.25 ± 0.05 MPa/s. El resultado lo dividimos entre el área y el valor hallado vendría a ser la resistencia a compresión.

1. Se enciende la prensa.
2. Se colocan ambas almohadillas en las probetas, siendo una inferior y otra superior.
3. Se coloca la probeta con las almohadillas en la prensa.
4. Para la prensa 1, se escogen las dimensiones, se le da check y se le marca al 0.
5. Se mueve la palanca a la derecha y luego una más a la izquierda.
6. Cuando ha roto la probeta, se mueve la palanca hacia la izquierda en donde dice Retract y se prosigue a retirar la probeta.

7. Para la prensa 2, se mueve la palanca para que encienda la prensa, se gira la manija hasta que el platillo superior esté en contacto con la cara almohadilla superior y se aumenta la velocidad con la manija de 3 a 7.
8. Cuando ha roto la probeta, se coloca la velocidad en 0, se gira la manija hasta que el platillo superior se retire de la cara superior de la almohadilla y se apaga el interruptor. Ahora, se puede retirar la probeta.



Imagen N° 95: Realización del ensayo de compresión

Fuente: Elaboración Propia

Cálculos:

$$f'c = \frac{Q}{A}$$

Donde:

$f'c$ = Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Q = Carga máxima de rotura (kg)

A = Área de la probeta sobre la cual se aplica la carga (cm²)

Ensayo de profundidad de penetración del agua

Este ensayo seguirá los procedimientos establecidos por la NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 12390-8.

Aparatos:



Imagen N° 96: Equipo de ensayo de permeabilidad por penetración del agua bajo presión.



Imagen N° 97: Prensa hidráulica

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

Las probetas pueden ser cilíndricas con un diámetro no menos a 15cm.

La aplicación del agua a presión se realizará en las probetas que tengan un tiempo de curado no menor a 28 días. La presión del agua deberá ser de (500 ± 50) kPa o 72 psi y este será aplicado por un tiempo no menor de (72 ± 2) h. Una vez cumplido el tiempo, se retira la probeta y se procede a romper, para esto se recomienda usar el ensayo de tracción indirecta, después se procede a medir la distancia máxima en mm que el agua penetró en la muestra.






Imagen N° 98: Preparación de la muestra



Imagen N° 99: Colocación de las



Imagen N° 100: Fijación de la presión a 72 psi.

	<i>muestras en el equipo de ensayo</i>	
 <p data-bbox="229 725 486 831"><i>Imagen N° 101: Ensayo de tracción indirecta</i></p>	 <p data-bbox="544 763 863 869"><i>Imagen N° 102: Marcado de la huella de penetración</i></p>	 <p data-bbox="900 689 1385 795"><i>Imagen N° 103: Medición de la profundidad de penetración del agua en la muestra.</i></p>

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo para calcular el módulo de Elasticidad y el Módulo de Poisson del concreto.

Este ensayo se realizó según lo estipulado en la norma ASTM C469-14.

Equipos: Prensa Hidráulica, calibrador, cilindros de prueba, compresometro y extensómetro.



 <p data-bbox="284 1756 740 1794"><i>Imagen N° 104: Prensa hidráulica</i></p>	 <p data-bbox="890 1756 1347 1794"><i>Imagen N° 105: Prensa hidráulica</i></p>
--	--



Imagen N° 106: Calibrador



Imagen N° 107: Compresometro y extensómetro

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

En primer lugar, se rompen 1 probeta cilíndricas de concreto a mediante el ensayo de compresión.

En segundo lugar, se coloca el extensómetro y el compresometro con las medidas estipuladas en la norma y se conecta a la prensa y esta se carga hasta llegar al 40% de la resistencia máxima del concreto, se toman los datos de cada deformación y carga.



Imagen N° 108: Preparación de muestras



Imagen N° 109: Rotura de la muestra para determinar su resistencia máxima a la compresión



Imagen N° 110: Colocación de la muestra en el calibrador



Imagen N° 111: Colocación de la muestra en la prensa para la toma de datos de la deformación y hasta llegar al 40% de la carga máxima.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de abrasión al concreto.

Este ensayo se realizará de acuerdo con lo estipulado en la Norma ASTM C-944.

Equipos:



Imagen N° 112: balanza



Imagen N° 113: Anillos de desgaste



Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento:

Se realizan muestras de cualquier forma, que no sean de espesor mayor a 10cm por cada lado, pasado 28 días de curado del concreto se inicia el ensayo.

1. Preparación de las muestras.
2. Corte de las muestras según los requisitos de la norma.
3. Se limpia la muestra y se procede a pesar.
4. Se coloca la muestra en la prensa de taladro de corte giratorio por 2 minutos para que comience a desgastar la muestra y se vuelve a pesar. Este proceso se repite en total 3 ciclos.

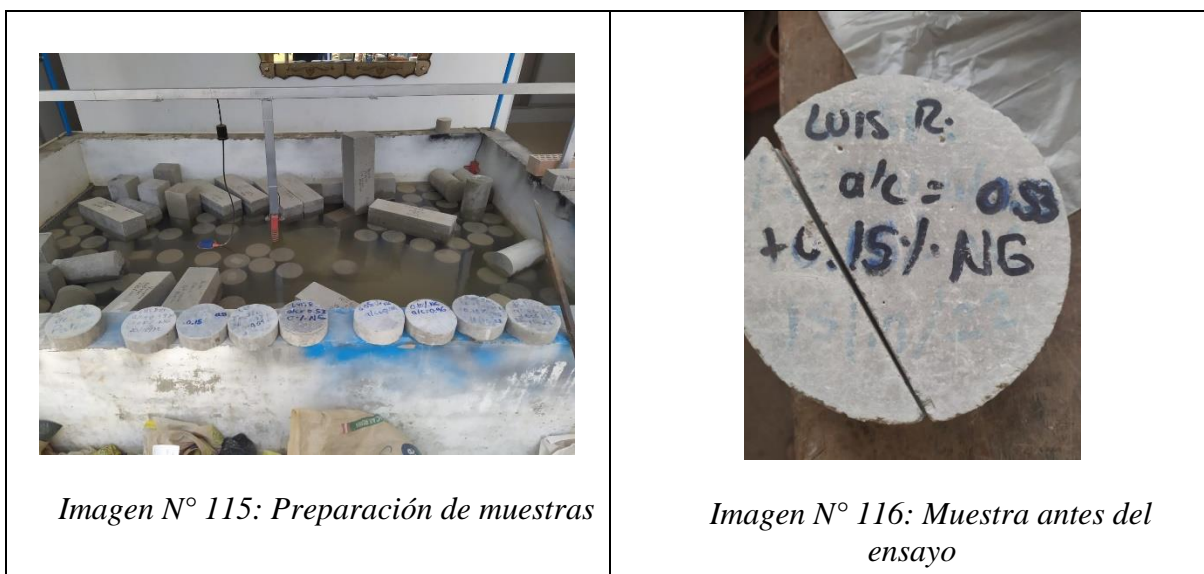




Imagen N° 117: Muestra después del ensayo



Imagen N° 118: Limpieza antes y después del ensayo



Imagen N° 119: Colocación de la muestra en la Prensa de taladro de corte giratorio



Imagen N° 120: Inicio del ensayo en la prensa de taladro de corte giratorio



Imagen N° 121: Peso de la muestra antes y después del ensayo.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de cada muestra se pueden visualizar en el Anexo N° 23.

Ensayo de resistencia del concreto ante ataques de sulfatos.

El ensayo se hará de acuerdo con los procedimientos establecidos en la NTP 399.094.

Normativa: NTP 334.094: CEMENTOS: Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.

Plan de procesamiento

- FASE I: PLANIFICACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN
 - Revisar la información y normativa nacional e internacional vigente.
 - Recolección de la información bibliográfica, artículos, tesis, libros que abarquen el tema propuesto en esta investigación.
 - Búsqueda de puntos de venta de agregados reciclados
- FASE II: OBTENCIÓN DE MATERIALES
 - Adquisición de los agregados reciclados y aditivo plastificante.
 - Adquisición de los agregados naturales y cemento Tipo MS.
 - Adquisición de las nanoplaquetas de grafeno.
- FASE III: ENSAYOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS
 - Ensayos a los agregados reciclados
 - Granulometría
 - Absorción
 - Humedad
 - Peso específico y peso unitario
 - Ensayos a los agregados naturales
 - Granulometría
 - Absorción
 - Humedad
 - Peso específico y peso unitario
 - Realización del Diseño de mezclas para un concreto con $f'c=280\text{kgf/cm}^2$
 - Métodos de dispersión Nanoplaquetas de Grafeno
 - Método de dispersión por ultrasonido
 - Ensayos para el Concreto.
 - Asentamiento
 - Realización de probetas
 - Curado de la muestra (probetas)

- Resistencia a la Compresión
 - Resistencia a la tracción indirecta
 - Ensayo de profundidad de penetración de agua
 - Ensayo para determinar el módulo de Elasticidad y el Módulo de Poisson del Concreto.
 - Resistencia ante ataques de Sulfatos.
 - Resistencia a la abrasión.
- Realización de la comparación de costos
 - Realización de la propuesta de especificación técnica
- FASE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS
- Análisis e interpretación de los resultados.
 - Comparación de los resultados.
 - Conclusiones y Recomendaciones.
- FASE V: FINALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
- Exposición del proyecto ante el jurado.
 - Levantamiento de observaciones.
 - Revisión final por parte del jurado.

Resultados y discusión

Resultados

Ensayos a los agregados naturales

Los ensayos a los agregados se realizaron con el fin de determinar sus propiedades físicas y mecánicas para compararlos con las propiedades de los agregados reciclados y analizar si estos son aptos para hacer un diseño de Mezcla según el ACI 211.1.

Propiedades del agregado fino

Análisis granulométrico

Del ensayo realizado para determinar la granulometría del agregado natural fino se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla N°14.

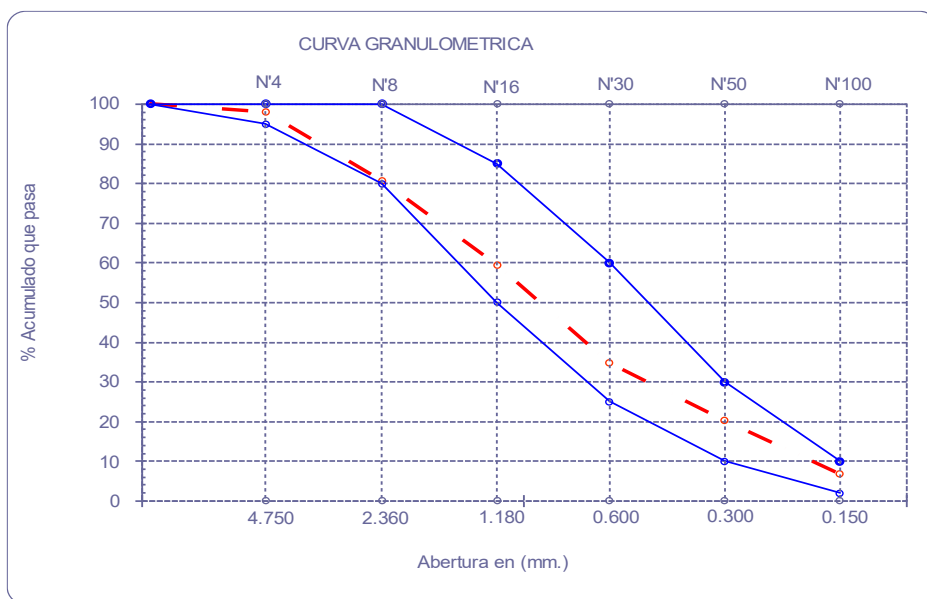
Tabla N° 14: Porcentajes retenidos del agregado fino natural

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	10.2	2.0	2.0	98.0	95	100
N° 08	2.360	86.5	17.3	19.3	80.7	80	100
N° 16	1.180	105.7	21.1	40.5	59.5	50	85
N° 30	0.600	124	24.8	65.3	34.7	25	60
N° 50	0.300	71.9	14.4	79.7	20.3	10	30
N° 100	0.150	67.8	13.6	93.2	6.8	2	10
Fondo		33.826	6.8	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				3.000			
Abertura de malla de referencia				9.500			

Fuente: Elaboración Propia

Según los valores obtenidos en la Tabla N° 14 se ha calculado un módulo de fineza de 3.0 y también según los porcentajes que pasa cada malla desde la N°4 hasta la N°100 se puede definir que es un agregado fino.

Gráfico N° 1: Curva granulométrica del agregado fino natural



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el Gráfico N° 1, la curva del agregado fino cumple con los requisitos de los límites de la NTP 400.037 que establece que no debe ser mayor a 3.1 ni menor a 2.3, lo que significa que se encuentra bien gradado y además es un material apto para un diseño de mezclas.

Contenido de Humedad

El resultado de la Tabla N° 15 muestra que el contenido de humedad de 0.93% no es muy alto, lo cual significa que el agregado tendrá la capacidad de absorber más agua de la que contiene, lo cual podría influir en el diseño de mezclas para realizar un posible reajuste de proporción del concreto para cumplir con el Slump de diseño de 3”.

Tabla N° 15: Contenido de humedad del agregado fino

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1189	1189
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.93	0.93
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.93	

Fuente: Elaboración Propia

Absorción y Peso Específico

Conforme a la normativa técnica peruana, se realizaron ensayos para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino utilizado en la mezcla de concreto. Los ensayos se llevaron a cabo según lo estipulado en la Norma Técnica Peruana NTP 400.022, que establece el método de ensayo normalizado para estas propiedades y los resultados se visualizan en la Tabla N°16.

El peso específico del agregado fino se determinó siguiendo el procedimiento establecido en la normativa, que incluye la preparación adecuada de la muestra, la utilización de los aparatos necesarios y la aplicación correcta del método de ensayo. El valor obtenido para el peso específico fue de 2.613g/cm³. Este resultado es fundamental para entender el comportamiento del concreto, ya que el peso específico influye directamente en la densidad del concreto y, por ende, en su resistencia y durabilidad.

En cuanto a la absorción, se siguió igualmente el procedimiento normalizado estipulado en la NTP 400.022. El valor obtenido en este ensayo fue del 0.76%. La absorción es una propiedad crucial ya que afecta la cantidad de agua que el agregado puede absorber y retener, lo cual, a su vez, influye en la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla de concreto.

Tabla N° 16: Peso específico y absorción del agregado fino

I.- Datos.

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	300.0	300.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	970.5	975.2
3.- Peso de la Muest. + Peso del agua en el frasco	(g)	856.3	861.5
4.- Peso del Frasco+ Peso del agua	(g)	670.5	675.2
5.- Vol. Masa + Vol. Vacíos	(g)	114.2	113.7
6.- Vol. Masa	(g)	111	112
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	297.24	298.26

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.613
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.633
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.666
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76

Fuente: Elaboración Propia

Peso Unitario Suelto y Compactado

En la tabla N°17 se presenta el peso unitario suelto seco del agregado fino se obtuvo mediante el procedimiento establecido, resultando en un valor de 1392 kg/m³. Este dato es relevante ya que proporciona información sobre la densidad del agregado en condiciones sueltas y secas, lo cual es fundamental para estimar la dosificación de los componentes en la mezcla de concreto.

Tabla N° 17: Peso unitario suelto del agregado fino

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8085	8043
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8085	8043
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1407	1399
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1392	

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, en la tabla N°18 se presenta el peso unitario compactado seco el cuál se determinó siguiendo el mismo marco normativo, obteniendo un valor de 1686 kg/m³. Este resultado refleja la densidad del agregado bajo condiciones de compactación y secado, lo cual es esencial para evaluar cómo se comportará el concreto bajo condiciones de carga y cómo puede influir en su resistencia y durabilidad.

Tabla N° 18: Peso unitario compactado del agregado fino

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9773	9753
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9773	9753
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1700	1697
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1686	

Fuente: Elaboración Propia

Propiedades del agregado grueso

Análisis granulométrico

Según los valores mostrados en la tabla N°19, se estable un tamaño máximo y máximo nominal de 1" y 3/4" respectivamente, además cumple con las especificaciones del USO 56.

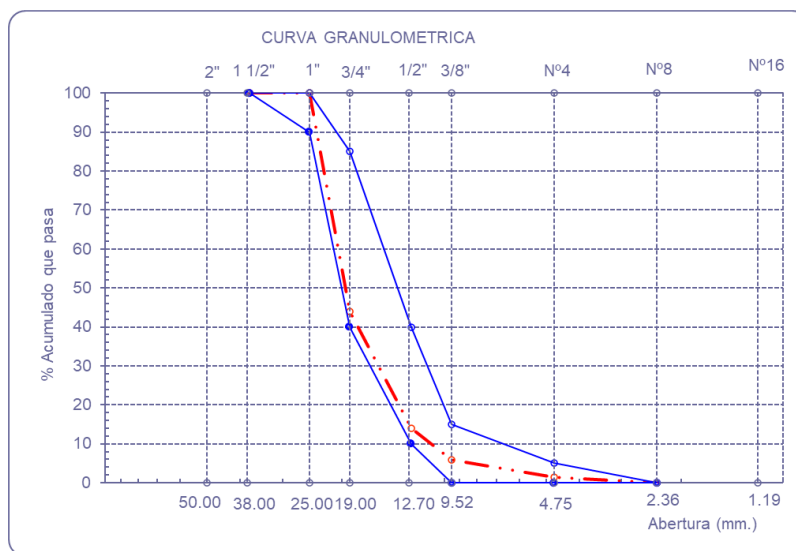
Tabla N° 19: Porcentajes retenidos del agregado grueso natural

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones USO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.00	6485.0	56.1	56.1	43.9	40.0	85.0
1/2"	12.50	3462.0	30.0	86.1	13.9	10.0	40.0
3/8"	9.50	921.0	8.0	94.0	6.0	0.0	15.0
N° 04	4.75	535.0	4.6	98.7	1.3	0.0	5.0
N° 08	2.36	156.0	1.3	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	25.00			

Fuente: Elaboración Propia

Según los valores de Peso Retenido, se puede suponer que es un agregado grueso.

Gráfico N° 2: Curva Granulométrica del agregado grueso natural



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el gráfico N°2, la curva granulométrica del agregado grueso cumple con los requisitos establecidos en la norma NTP 400.037, y además se encuentra dentro de los límites del HUSO con lo cual este agregado es apto para un correcto diseño de mezclas.

Contenido de Humedad

El contenido de humedad es una propiedad relevante ya que influye en la trabajabilidad del concreto, la relación agua-cemento y, en última instancia, en la resistencia y durabilidad del concreto. El resultado obtenido en el ensayo para el contenido de humedad en el agregado grueso fue del 0.42%. Este valor es indicativo del estado de humedad del material, lo cual es crucial para entender y controlar la respuesta del concreto en diferentes condiciones ambientales y de carga. Se visualiza el resultado en la Tabla N°20.

Tabla N° 20: Contenido de humedad del agregado grueso

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1195	1195
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.42	

Fuente: Elaboración Propia

Absorción y Peso Específico

El resultado obtenido para el peso específico del agregado grueso fue de 2.54 g/cm³. Este valor es crucial ya que el peso específico influencia directamente en la densidad del concreto, y, por ende, en su resistencia y durabilidad. Por otro lado, la absorción del agregado grueso se determinó en 1.5%. La absorción es una propiedad esencial que impacta en la trabajabilidad del concreto, la relación agua-cemento y, finalmente, en la resistencia del material.

Tabla N° 21: Peso específico y absorción del agregado grueso

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1539	1670
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1562	1695
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del cana	(g)	955	1038
4.- Peso de la canastilla	(g)	0	0
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	955	1038

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.540
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.578
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.640
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.50

Fuente: Elaboración Propia

Peso Unitario Suelto y Compactado

El peso unitario suelto seco del agregado grueso se obtuvo siguiendo los procedimientos estandarizados, resultando en un valor de 1222 kg/m³. Este valor proporciona una indicación

de la densidad del agregado en condiciones sueltas y secas, lo cual es fundamental para la dosificación de los componentes en la mezcla de concreto.

Por otro lado, el peso unitario compactado seco del agregado grueso se determinó de manera similar, obteniendo un valor de 1275 kg/m³. Este resultado refleja la densidad del agregado bajo condiciones de compactación y secado, lo cual es esencial para evaluar cómo se comportará el concreto bajo condiciones de carga y cómo puede influir en su resistencia y durabilidad. Los resultados se muestran en la tabla N° 20.

Tabla N° 22: Peso Unitario Suelto y Compactado

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10914	10904
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		10914	10904
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00889	0.00889
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1228	1227
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1222	

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	11384	11374
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		11384.0	11374.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00889	0.00889
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1281	1280
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1275	

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia al desgaste agregado grueso natural

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 400.020, se efectuó el ensayo para determinar la resistencia al desgaste en el agregado grueso natural mediante el método de abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. El resultado obtenido en este ensayo fue del 14%. Este dato es de relevancia ya que la resistencia al desgaste de los agregados gruesos es un indicador de la durabilidad del concreto, especialmente en condiciones de alta abrasión y carga. El resultado se visualiza en la tabla N°23.

Tabla N° 23: Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles)

DATOS DEL ENSAYO AGREGADO GRUESO NATURAL					
TAMIZ		Gradación			
PASA	RETIENE	A	B	C	D
1 1/2"	1"	-----	-----	-----	-----
1"	3/4"	-----	-----	-----	-----
3/4"	1/2"	-----	2500	-----	-----
1/2"	3/8"	-----	2500	-----	-----
3/8"	1/4"	-----	-----	-----	-----
1/4"	N°4	-----	-----	-----	-----
N°4	N°8	-----	-----	-----	-----
Peso total (g)			5000		
Peso retenido tamiz N°12 (g)			4276		
Pérdida después del ensayo (g)			724		
N° esferas			11		
Peso de las esferas (g)			4575		
Tiempo de rotación (min)			15		
Porcentaje de desgaste (%)			14%		

Fuente: Elaboración Propia

Ensayos a los agregados reciclados

Los ensayos a los agregados reciclados se realizaron con el fin de determinar sus propiedades físicas y mecánicas para compararlos con las propiedades de los agregados naturales y analizar si estos son aptos para hacer un diseño de Mezcla según el ACI 211.1.

Propiedades del agregado fino reciclado

Análisis granulométrico

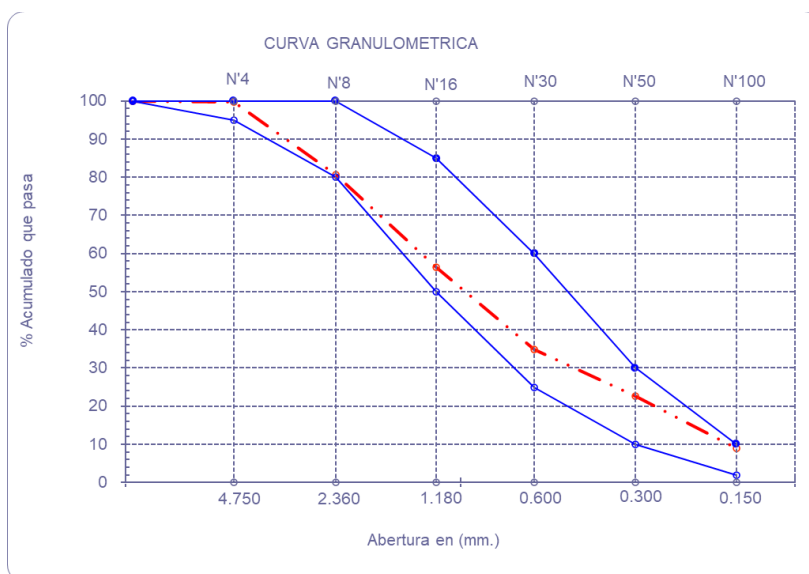
Según los valores mostrados en la Tabla N° 24 se ha obtenido un módulo de fineza de 2.96 y también según los porcentajes que pasa cada malla desde la N°4 hasta la N°100 se puede suponer que es un agregado fino.

Tabla N° 24: Porcentajes retenidos del agregado fino reciclado

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	1.5	0.3	0.3	99.7	95	100
N° 08	2.360	95	19.0	19.3	80.7	80	100
N° 16	1.180	121.4	24.3	43.6	56.4	50	85
N° 30	0.600	107.5	21.5	65.1	34.9	25	60
N° 50	0.300	61.7	12.3	77.4	22.6	10	30
N° 100	0.150	67.8	13.6	91.0	9.0	2	10
N° 200	0.075	15.6	3.1	94.1	5.9	2	10
Fondo		29.5	5.9	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.967			

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3: Curva Granulométrica del agregado fino reciclado



Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en el gráfico N°3, la curva granulométrica del agregado fino reciclado cumple con los requisitos de los límites de la NTP 400.012, lo que significa que se encuentra bien gradado y además este material es apto para realizar un diseño de mezclas, ya que se encuentra dentro de los límites permitidos por la norma.

Contenido de Humedad

En resultado de este ensayo se visualiza en la tabla N°25, que, siguiendo la normativa técnica peruana, se determinó el contenido de humedad del agregado fino reciclado, resultando en un valor de 0.76%. Este resultado es crucial ya que la humedad presente en el agregado influye en la relación agua-cemento del concreto, lo cual, a su vez, afecta las propiedades de trabajabilidad y resistencia del material. La determinación precisa del contenido de humedad permite ajustar la dosificación de los componentes en la mezcla de concreto, contribuyendo así a la optimización de sus propiedades y al logro de los objetivos de desempeño deseados en la construcción sostenible.

Tabla N° 25: Contenido de humedad del agregado fino reciclado

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1191	1191
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.76	0.76
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.76	

Fuente: Elaboración Propia

Absorción y Peso Específico

En la tabla N°26 se observan los resultados obtenidos para el agregado fino reciclado, en el cual se obtuvo una absorción del 6.20% y un peso específico de 2.126 g/cm³. Estos valores son fundamentales para entender el comportamiento del concreto reciclado con nanoplaquetas de grafeno, ya que la absorción influencia la relación agua-cemento y el peso específico afecta la densidad del concreto, lo cual tiene implicancias en la resistencia y durabilidad del material. La determinación precisa de estas propiedades es esencial para optimizar la mezcla de concreto y alcanzar los objetivos de desempeño deseados en el ámbito de la construcción sostenible.

Tabla N° 26: Peso específico y absorción del agregado fino reciclado

I.- Datos.			
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	300.0	300.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasc	(g)	981.5	984.8
3.- Peso de la Muest. + Peso del agua en el frasco	(g)	848.5	852.1
4.- Peso del Frasco+ Peso del agua	(g)	681.5	684.8
5.- Vol. Masa + Vol. Vacíos	(g)	133	132.7
6.- Vol. Masa	(g)	116	115
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	282.5	282.49
II.- Resultados			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.126	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.258	
C.- PESO ESPEFIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.449	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	6.20	

Fuente: Elaboración Propia

Peso Unitario Suelto y Compactado

En el ensayo de peso unitario suelto seco y compactado seco del agregado fino reciclado, se obtuvieron valores de 1330 kg/m³ y 1508 kg/m³ respectivamente. Estos resultados proporcionan información crucial sobre la densidad del material en diferentes estados, lo cual es fundamental para evaluar la dosificación de los componentes en la mezcla de concreto y entender cómo estas características pueden influir en la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto reciclado. En la tabla N°27 se visualiza el resultado.

Tabla N° 27: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino reciclado

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7723	7683
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7723	7683
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1344	1337
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1330	

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8723	8743
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8723	8743
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1518	1521
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1508	

Fuente: Elaboración Propia

Propiedades del agregado grueso reciclado

Análisis granulométrico

Los resultados mostrados en la tabla N°28 definen que el tamaño máximo y máximo nominal para este agregado grueso reciclado es de 1/2" y 3/8" respectivamente.

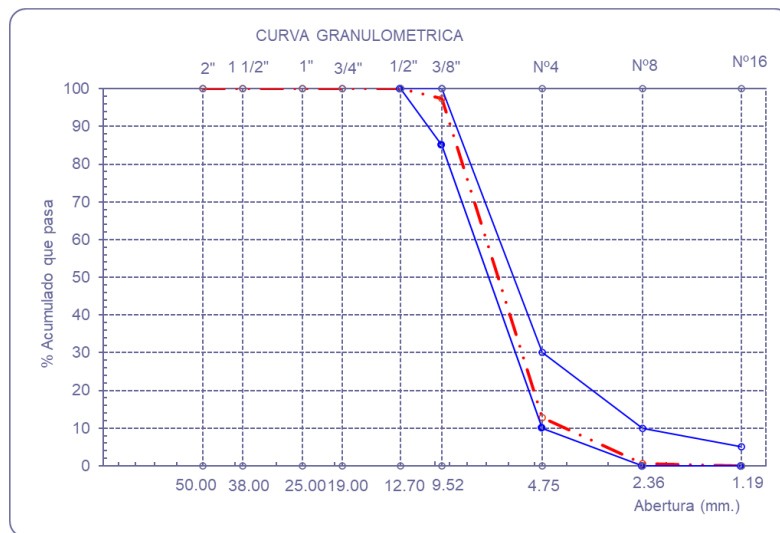
Tabla N° 28: Porcentajes retenidos del agregado grueso reciclado

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)					USO 8	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	173.0	2.5	2.5	97.5	85.0	100.0
N° 04	4.75	5763.4	84.6	87.1	12.9	10.0	30.0
N° 08	2.36	831.4	12.2	99.3	0.7	0.0	10.0
N° 16	1.19	45.7	0.7	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			

Fuente: Elaboración Propia

Según los valores de peso retenido, se puede suponer que es un agregado grueso, cabe recalcar que se puede establecer que es confitillo, por eso hay retenido desde las mallas 3/8" hasta la N° 16.

Gráfico N° 4: Curva Granulométrica del agregado grueso reciclado



Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en el Gráfico N° 4, la curva del agregado cumple con los requisitos de los límites de la NTP 400.037, lo que significa que se encuentra bien gradada y además en un material apto para el diseño de mezclas.

Contenido de Humedad

Conforme a la normativa técnica peruana, se determinó el contenido de humedad del agregado grueso reciclado, resultando en un valor de 0.25%. Este resultado es significativo ya que el contenido de humedad en el agregado afecta la relación agua-cemento en la mezcla de concreto. Además, una medición precisa del contenido de humedad es crucial para la dosificación adecuada de los componentes y para garantizar las propiedades deseadas en el concreto reciclado. El resultado se observa en la Tabla N°29.

Tabla N° 29: Contenido de humedad del agregado grueso reciclado

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1197	1197
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.25	

Fuente: Elaboración Propia

Absorción y Peso Específico

Los valores obtenidos en la tabla N° 30 de los ensayos para el agregado en cuestión fueron una absorción del 6.20% y un peso específico de 2.12 g/cm³. Estas métricas son esenciales para comprender el comportamiento del concreto. La absorción influye en la cantidad de agua que el agregado puede retener, lo cual es crucial para la mezcla y la trabajabilidad del concreto, mientras que el peso específico tiene un impacto directo en la densidad del concreto, lo cual, a su vez, afecta su resistencia y durabilidad.

Tabla N° 30: Peso específico y absorción del agregado grueso reciclado

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	300.0	300.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frascoc	(g)	981.5	984.8
3.- Peso de la Muest. + Peso del agua en el frasco	(g)	848.5	852.1
4.- Peso del Frasco+ Peso del agua	(g)	681.5	684.8
5.- Vol. Masa + Vol. Vacíos	(g)	133	132.7
6.- Vol. Masa	(g)	116	115
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	282.5	282.49
II .- Resultados			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.126	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.258	
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.449	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	6.20	

Fuente: Elaboración Propia

Peso Unitario Suelto y Compactado

En los ensayos realizados para determinar el peso unitario suelto seco y compactado seco del agregado grueso reciclado, se obtuvieron valores de 1269 kg/m³ y 1308 kg/m³ respectivamente. Estos resultados son fundamentales para entender la densidad del material en diferentes estados, lo cual es esencial para la formulación y optimización de la mezcla de concreto reciclado con nanoplaquetas de grafeno. El peso unitario suelto seco proporciona una indicación de la densidad del agregado en condiciones sueltas y secas, mientras que el peso unitario compactado seco refleja la densidad del agregado bajo condiciones de compactación y secado. Ambos valores son cruciales para evaluar cómo se comportará el concreto bajo diversas condiciones de carga y cómo pueden influir en su resistencia y durabilidad. Estos datos contribuyen al análisis y comprensión del comportamiento del concreto reciclado, proporcionando información valiosa para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito de la construcción sostenible. Los resultados se muestran en la Tabla N°31.

Tabla N° 31: Peso Unitario Suelto y Compactado

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7347	7282
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7347	7282
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1278	1267
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1269	

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7532	7541
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7532.0	7541.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1310	1312
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1308	

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia al desgaste agregado grueso reciclado

En el ensayo de resistencia al desgaste, el agregado grueso reciclado mostró un 26% de desgaste. Este resultado se obtuvo mediante el método de abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles, conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 400.020:2020. La resistencia al desgaste es una propiedad crucial para evaluar la durabilidad y la aptitud del agregado grueso reciclado para su uso en aplicaciones de concreto, especialmente en condiciones de alta abrasión y carga. Este porcentaje de desgaste indica cómo se comporta el material frente al desgaste mecánico, lo cual es esencial para garantizar la longevidad y el desempeño adecuado del concreto reciclado en condiciones de servicio reales. Este dato, junto con los demás resultados obtenidos en los ensayos físicos, proporciona una visión integral de las propiedades del agregado grueso reciclado y su influencia en las características del concreto reciclado.

Tabla N° 32: Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles)

DATOS DEL ENSAYO AGREGADO GRUESO RECICLADO					
TAMIZ		Gradación			
PASA	RETIENE	A	B	C	D
1 1/2"	1"	-----	-----	-----	-----
1"	3/4"	-----	-----	-----	-----
3/4"	1/2"	-----	-----	-----	-----
1/2"	3/8"	-----	-----	-----	-----
3/8"	1/4"	-----	-----	2500	-----
1/4"	N°4	-----	-----	2501	-----
N°4	N°8	-----	-----	-----	-----
Peso total (g)				5001	
Peso retenido tamiz N°12 (g)				3709	
Pérdida después del ensayo (g)				1292	
N° esferas				8	
Peso de las esferas (g)				3326	
Tiempo de rotación (min)				15	
Porcentaje de desgaste (%)				26%	

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de mezcla ACI 211.1

Para llevar a cabo el diseño de mezcla se realizó según el código ACI 211.1.

Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.46$ **Con Agregados Naturales**

Se utilizaron los siguientes datos de entrada mostrados en la Tabla N°31. Estos datos fueron hallados a partir de los ensayos realizados a los agregados, así como también a partir de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes.

Tabla N° 33: Propiedades de los agregados naturales para el diseño de mezclas

	Agregado Grueso	Agregado Fino	Cemento Fortimax	Aditivo SIKACEM-PLASTIFICANTE
TMN (pulg)	3/4"	-----	-----	-----
PUSS (kg/m ³)	1222	1392	-----	-----
PUCS (kg/m ³)	1275	1686	-----	-----
γ (kg/m ³)	2540	2613	3000	-----
%H	0.42	0.93	-----	-----
%A	1.50	0.76	-----	-----
Aditivo %	-----	-----	-----	1
γ Aditivo (kg/l)	-----	-----	-----	1.20
MF	-----	3.00	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Paso 1: Determinación de la resistencia requerida ($f'cr$)

Empleando la Tabla N° 9, se obtiene lo siguiente:

$$f'_{cr} = 280 + 84$$

$$f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$$

Paso 2: Selección del TMN de agregado grueso

De acuerdo con la granulometría del agregado grueso el tamaño máximo nominal será el siguiente:

$$TMN = 3/4''$$

Paso 3: Selección del asentamiento

En este caso se requiere que el concreto tenga una consistencia plástica, por lo que su Slump es:

$$Slump = 3'' - 4''$$

Paso 4: Contenido de aire

Se utilizará solo el aire atrapado y no incorporado, ya que el diseño no lo amerita. Empleando la Tabla N° 10 y con el TMN 3/4'' del agregado grueso el contenido es:

$$Aire = 2\%$$

Paso 5: Contenido de agua

Empleando la Tabla N° 11. Entonces, como el TMN es de 3/4'', el Slump va de 3'' a 4'' y no se utiliza aire incorporado, se obtiene lo siguiente:

$$Agua = 205 \text{ lt/m}^3$$

Paso 6: Relación agua/cemento (a/c)

Empleando la Tabla N° 12, el f'_{cr} se encuentra entre 350 y 400 y usando la **Ecuación N° 3** de interpolación se obtiene la siguiente relación agua cemento por resistencia:

$$a/c = 0.46$$

Paso 7: Contenido de cemento

Para determinar la cantidad de cemento en peso se emplea la **Ecuación N° 4**, obteniendo lo siguiente:

$$C = 446 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: Pesos de los agregados

Cálculo de b/b₀ y PS_{Ag}

Se utilizará la Tabla N° 13, la *Ecuación N° 3* y la *Ecuación N° 6*:

$$PS_{Ag} = 765 \text{ kg/m}^3$$

Volúmenes Absolutos

Se tiene lo siguiente:

- *Cemento*

Ecuación N° 19:

$$C = 0.149 \text{ m}^3$$

- *Agua*

Ecuación N° 20:

$$Agua = 0.205 \text{ m}^3$$

- *Aire*

Ecuación N° 21:

$$Aire = 0.02 \text{ m}^3$$

- *Agregado Grueso*

Ecuación N° 22:

$$AG = 0.301 \text{ m}^3$$

- *Agregado Fino*

Ecuación N° 23:

$$AF = 0.325 \text{ m}^3$$

✓ **Cálculo del PS_{Af}**

Ecuación N° 24:

$$PS_{Af} = 850 \text{ kg/m}^3$$

Paso 9: Condiciones secas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 446 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 765 \text{ kg/m}^3$$

Paso 10: Corrección por humedad del agregado

Se tendría lo siguiente:

✓ **Cálculo del PH_{Af}**

Ecuación N° 25:

$$PH_{Af} = 858 \text{ kg/m}^3$$

✓ **Cálculo del PH_{Ag}**

Ecuación N° 26:

$$PH_{Ag} = 768 \text{ kg/m}^3$$

Paso 11: Cálculo de agua efectiva

✓ **Aportes de humedad**

- ***Cálculo del AP_{Af}***

Ecuación N° 27:

$$AP_{Af} = 1.5 \text{ l}$$

- **Cálculo del AP_{Ag}**

Ecuación N° 28:

$$AP_{Ag} = -8.3 \text{ l}$$

- **Cálculo del AP_T**

Ecuación N° 29:

$$AP_T = -6.8 \text{ l}$$

Agua efectiva

Ecuación N° 30:

$$Aef = 212 \text{ lt/m}^3$$

Paso 12: Condiciones húmedas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 440 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 853 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 768 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 212 \text{ lt/m}^3$$

Paso 13: Dosificación en peso

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso/ Agua + aditivo

$$1 : 1.93 : 1.72 / 20,2 \text{ lt} + 2.971 \text{lt adtv/m}^3.$$

Con Agregados Reciclados

Se utilizaron los siguientes datos de entrada mostrados en la Tabla N°34. Estos datos fueron hallados a partir de los ensayos realizados a los agregados, así como también a partir de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes.

Tabla N° 34: Propiedades de los materiales para el diseño de mezclas con agregados reciclados

	Agregado Grueso	Agregado Fino	Cemento Fortimax	Aditivo SIKACEM-PLASTIFICANTE
TMN (pulg)	3/8"	-----	-----	-----
PUSS (kg/m ³)	1269	1330	-----	-----
PUCS (kg/m ³)	1308	1508	-----	-----
γ (kg/m ³)	2167	2126	3000	-----
%H	0.25	0.76	-----	-----
%A	5.89	6.20	-----	-----
Aditivo %	-----	-----	-----	0
γ Aditivo (kg/l)	-----	-----	-----	1.20
MF	-----	2.97	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Paso 1: Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr})

Empleando la Tabla N° 9, se obtiene lo siguiente:

$$f'_{cr} = 280 + 84$$

$$f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$$

Paso 2: Selección del TMN de agregado grueso

De acuerdo con la granulometría del agregado grueso el tamaño máximo nominal será el siguiente:

$$TMN = 3/8"$$

Paso 3: Selección del asentamiento

En este caso se requiere que el concreto tenga una consistencia plástica, por lo que su Slump es:

$$Slump = 3" - 4"$$

Paso 4: Contenido de aire

Se utilizará solo el aire atrapado y no incorporado, ya que el diseño no lo amerita. Empleando la Tabla N° 10 y con el TMN 3/4" del agregado grueso el contenido es:

$$Aire = 3\%$$

Paso 5: Contenido de agua

Empleando la Tabla N° 11. Entonces, como el TMN es de 3/4", el Slump va de 3" a 4" y no se utiliza aire incorporado, se obtiene lo siguiente:

$$Agua = 228 \text{ lt/m}^3$$

Paso 6: Relación agua/cemento (a/c)

Empleando la Tabla N° 12, el f'_{cr} se encuentra entre 350 y 400 y usando la **Ecuación N° 3** de interpolación se obtiene la siguiente relación agua cemento por resistencia:

$$a/c = 0.46$$

Paso 7: Contenido de cemento

Para determinar la cantidad de cemento en peso se emplea la **Ecuación N° 4**, obteniendo lo siguiente:

$$C = 496 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: Pesos de los agregados**Cálculo de b/b_0 y PS_{Ag}**

Se utilizará la Tabla N° 13, la **Ecuación N° 3** y la **Ecuación N° 6**:

$$PS_{Ag} = 580 \text{ kg/m}^3$$

Volúmenes Absolutos

Se tiene lo siguiente:

- *Cemento*

Ecuación N° 31:

$$C = 0.165 \text{ m}^3$$

- *Agua*

Ecuación N° 32:

$$\text{Agua} = 0.228 \text{ m}^3$$

- *Aire*

Ecuación N° 33:

$$\text{Aire} = 0.030 \text{ m}^3$$

- *Agregado Grueso*

Ecuación N° 34:

$$AG = 0.268 \text{ m}^3$$

- *Agregado Fino*

Ecuación N° 35:

$$AF = 0.309 \text{ m}^3$$

✓ **Cálculo del PS_{Af}**

Ecuación N° 36:

$$PS_{Af} = 657 \text{ kg/m}^3$$

Paso 9: Condiciones secas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 496 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 657 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 580 \text{ kg/m}^3$$

Paso 10: Corrección por humedad del agregado

Se tendría lo siguiente:

✓ **Cálculo del PHAf**

Ecuación N° 37:

$$PH_{Af} = 662 \text{ kg/m}^3$$

✓ **Cálculo del PHAg**

Ecuación N° 38:

$$PH_{Ag} = 581 \text{ kg/m}^3$$

Paso 11: Cálculo de agua efectiva

✓ **Aportes de humedad**

- *Cálculo del AP_{Af}*

Ecuación N° 39:

$$AP_{Af} = -36.3 \text{ l}$$

- *Cálculo del AP_{Ag}*

Ecuación N° 40:

$$AP_{Ag} = -32.8 \text{ l}$$

- *Cálculo del AP_T*

Ecuación N° 41:

$$AP_T = -68.8 \text{ l}$$

Agua efectiva

Ecuación N° 42:

$$Aef = 297 \text{ lt/m}^3$$

Paso 12: Condiciones húmedas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 496 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 662 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 581 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 297 \text{ lt/m}^3$$

Paso 13: Dosificación en peso

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso/ Agua + aditivo

$$1 : 1.34 : 1.17 / 25.5 \text{ lt} + 3.304 \text{lt adtv/m}^3.$$

Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.53$

Con Agregados Naturales

Se utilizaron los datos de entrada mostrados en la Tabla N°31. Estos datos fueron hallados a partir de los ensayos realizados a los agregados, así como también a partir de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes.

Paso 1: Determinación de la resistencia requerida ($f'cr$)

Para la investigación a modo experimental se planteó sumar 35, en lugar de 84 como indica el ACI, justificado en el capítulo de materiales y métodos de la presente investigación.

Se obtiene lo siguiente:

$$f'cr = 280 + 35$$

$$f'cr = 315 \text{ kg/cm}^2$$

Paso 2: Selección del TMN de agregado grueso

De acuerdo con la granulometría del agregado grueso el tamaño máximo nominal será el siguiente:

$$TMN = 3/4"$$

Paso 3: Selección del asentamiento

En este caso se requiere que el concreto tenga una consistencia plástica, por lo que su Slump es:

$$Slump = 3" - 4"$$

Paso 4: Contenido de aire

Se utilizará solo el aire atrapado y no incorporado, ya que el diseño no lo amerita. Empleando la Tabla N° 10 y con el TMN 3/4" del agregado grueso el contenido es:

$$Aire = 2\%$$

Paso 5: Contenido de agua

Empleando la Tabla N° 11. Entonces, como el TMN es de ¾”, el Slump va de 3” a 4” y no se utiliza aire incorporado, se obtiene lo siguiente:

$$Agua = 205 \text{ lt/m}^3$$

Paso 6: Relación agua/cemento (a/c)

Empleando la Tabla N° 12, el f'_{cr} se encuentra entre 350 y 400 y usando la **Ecuación N° 3** de interpolación se obtiene la siguiente relación agua cemento por resistencia:

$$a/c = 0.53$$

Paso 7: Contenido de cemento

Para determinar la cantidad de cemento en peso se emplea la **Ecuación N° 4**, obteniendo lo siguiente:

$$C = 388 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: Pesos de los agregados**Cálculo de b/b_0 y PS_{Ag}**

Se utilizará la Tabla N° 13, la **Ecuación N° 3** y la **Ecuación N° 6**:

$$PS_{Ag} = 765 \text{ kg/m}^3$$

Volúmenes Absolutos

Se tiene lo siguiente:

- *Cemento*

Ecuación N° 43:

$$C = 0.129 \text{ m}^3$$

- *Agua*

Ecuación N° 44:

$$\text{Agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

- Aire

Ecuación N° 45:

$$\text{Aire} = 0.02 \text{ m}^3$$

- Agregado Grueso

Ecuación N° 46:

$$\text{AG} = 0.301 \text{ m}^3$$

- Agregado Fino

Ecuación N° 47:

$$\text{AF} = 0.345 \text{ m}^3$$

✓ Cálculo del PS_{Af}

Ecuación N° 48:

$$PS_{Af} = 901 \text{ kg/m}^3$$

Paso 9: Condiciones secas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 388 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AF} = 901 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AG} = 765 \text{ kg/m}^3$$

Paso 10: Corrección por humedad del agregado

Se tendría lo siguiente:

✓ **Cálculo del PHAf***Ecuación N° 49:*

$$PH_{Af} = 909 \text{ kg/m}^3$$

✓ **Cálculo del PHAg***Ecuación N° 50:*

$$PH_{Ag} = 768 \text{ kg/m}^3$$

Paso 11: Cálculo de agua efectiva✓ **Aportes de humedad**- *Cálculo del AP_{Af}**Ecuación N° 51:*

$$AP_{Af} = 1.5 \text{ l}$$

- *Cálculo del AP_{Ag}**Ecuación N° 52:*

$$AP_{Ag} = -8.3 \text{ l}$$

- *Cálculo del AP_T**Ecuación N° 53:*

$$AP_T = -6.7 \text{ l}$$

Agua efectiva*Ecuación N° 54:*

$$A_{ef} = 212 \text{ lt/m}^3$$

Paso 12: Condiciones húmedas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 388 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 909 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 768 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 212 \text{ lt/m}^3$$

Paso 13: Dosificación en peso

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua + aditivo

$$1 : 2.35 : 1.98 / + 23.2 \text{ lt} + 1.938 \text{lt adtv/m}^3.$$

Con Agregados Reciclados

Se utilizaron los datos de entrada mostrados en la Tabla N°32. Estos datos fueron hallados a partir de los ensayos realizados a los agregados, así como también a partir de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes.

Paso 1: Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr})

Para la investigación a modo experimental se planteó sumar 35 en lugar de 84 como indica el ACI, se obtiene lo siguiente:

$$f'_{cr} = 280 + 35$$

$$f'_{cr} = 315 \text{ kg/cm}^2$$

Paso 2: Selección del TMN de agregado grueso

De acuerdo con la granulometría del agregado grueso el tamaño máximo nominal será el siguiente:

$$TMN = 3/8''$$

Paso 3: Selección del asentamiento

En este caso se requiere que el concreto tenga una consistencia plástica, por lo que su Slump es:

$$Slump = 3'' - 4''$$

Paso 4: Contenido de aire

Se utilizará solo el aire atrapado y no incorporado, ya que el diseño no lo amerita. Empleando la Tabla N° 10 y con el TMN 3/4" del agregado grueso el contenido es:

$$Aire = 3\%$$

Paso 5: Contenido de agua

Empleando la Tabla N° 11. Entonces, como el TMN es de 3/4", el Slump va de 3" a 4" y no se utiliza aire incorporado, se obtiene lo siguiente:

$$Agua = 228 \text{ lt/m}^3$$

Paso 6: Relación agua/cemento (a/c)

Empleando la Tabla N° 12, el f'_{cr} se encuentra entre 350 y 400 y usando la *Ecuación N° 3* de interpolación se obtiene la siguiente relación agua cemento por resistencia:

$$a/c = 0.53$$

Paso 7: Contenido de cemento

Para determinar la cantidad de cemento en peso se emplea la *Ecuación N° 4*, obteniendo lo siguiente:

$$C = 430 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: Pesos de los agregados

Cálculo de b/b_0 y PS_{Ag}

Se utilizará la Tabla N° 13, la *Ecuación N° 3* y la *Ecuación N° 6*:

$$PS_{Ag} = 580 \text{ kg/m}^3$$

Volúmenes Absolutos

Se tiene lo siguiente:

- *Cemento*

Ecuación N° 55:

$$C = 0.143 \text{ m}^3$$

- *Agua*

Ecuación N° 56:

$$Agua = 0.228 \text{ m}^3$$

- *Aire*

Ecuación N° 57:

$$Aire = 0.03 \text{ m}^3$$

- *Agregado Grueso*

Ecuación N° 58:

$$AG = 0.268 \text{ m}^3$$

- *Agregado Fino*

Ecuación N° 59:

$$AF = 0.331 \text{ m}^3$$

- ✓ **Cálculo del PS_{Af}**

Ecuación N° 60:

$$PS_{Af} = 704 \text{ kg/m}^3$$

Paso 9: Condiciones secas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 430 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 704 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 580 \text{ kg/m}^3$$

Paso 10: Corrección por humedad del agregado

Se tendría lo siguiente:

✓ **Cálculo del PHAf**

Ecuación N° 61:

$$PH_{Af} = 709 \text{ kg/m}^3$$

✓ **Cálculo del PHAg**

Ecuación N° 62:

$$PH_{Ag} = 581 \text{ kg/m}^3$$

Paso 11: Cálculo de agua efectiva✓ **Aportes de humedad**

- *Cálculo del AP_{Af}*

Ecuación N° 63:

$$AP_{Af} = -38.6 \text{ l}$$

- *Cálculo del AP_{Ag}*

Ecuación N° 64:

$$AP_{Ag} = -32.8 \text{ l}$$

- *Cálculo del AP_T*

Ecuación N° 65:

$$AP_T = -71.4 \text{ l}$$

Agua efectiva

Ecuación N° 66:

$$A_{ef} = 299 \text{ lt/m}^3$$

Paso 12: Condiciones húmedas

Se tendría lo siguiente:

$$C = 430 \text{ kg/m}^3$$

$$AF = 709 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 581 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 299 \text{ lt/m}^3$$

Paso 13: Dosificación en peso

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua + aditivo

$$1 : 1.65 : 1.35 / 29.6 \text{ lt} + 2.15 \text{ lt adtv/m}^3.$$

En resumen, se obtuvieron las siguientes proporciones de los materiales, además se incluye la adición de las nanoplaquetas de grafeno con los porcentajes respectivos planteados en esta investigación. Son observados en la Tabla N°35 y N°36.

Tabla N° 35: Proporciones de nanoplaquetas de grafeno al 0,05%; 0,10% y 0,15% respecto al peso del cemento relación a/c 0.46

Descripción	Proporción de materiales en peso por cada m ³ de concreto				
	CP	CPR	CPR+0,05 %NPG	CPR+0,10 %NPG	CPR+0,15 %NPG
Cemento (kg)	446	496	496	496	496
Agregado Fino (kg)	858	662	662	662	662
Agregado Grueso (kg)	768	581	581	581	581
Agua (litros)	212	297	297	297	297
Aditivo (litros)	2.97	3.30	3.30	3.30	3.30
NPG (kg)	0	0	0.25	0.50	0.74

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 36: Proporciones de nanoplaquetas de grafeno al 0,05%; 0,10% y 0,15% respecto al peso del cemento relación a/c 0.53

Descripción	Proporción de materiales en peso por cada m ³ de concreto				
	CP	CPR	CPR+0,05 %NPG	CPR+0,10 %NPG	CPR+0,15 %NPG
Cemento (kg)	388	430	430	430	430
Agregado Fino (kg)	909	709	709	709	709
Agregado Grueso (kg)	768	581	581	581	581
Agua (litros)	212	299	299	299	299
Aditivo (litros)	1.94	2.15	2.15	2.15	2.15
NPG (kg)	0	0	0.22	0.43	0.65

Fuente: Elaboración Propia

Ensayos al concreto en estado fresco

Asentamiento o Slump

El Slump de diseño es de 3-4", el cual se logró obtener en todas las dosificaciones. Cabe mencionar que antes de emplear el aditivo se hizo unas muestras para ver si era necesario el uso de este, en la mayoría se necesitó realizar un ajuste de proporción con uso de aditivo; posterior a ello se hicieron las dosificaciones con nanoplaquetas de grafeno, fue usual conseguir un valor de 4", por lo que no se ameritó un ajuste de proporción. Los resultados se muestran en la Tabla N° 37 Y N°38.

Tabla N° 37: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco relación a/c 0.46

Ensayo	Dosificación				
	CP	CPR+0 %NPG	CPR+0,05 %NPG	CPR+0, 10%NPG	CPR+0,1 5%NPG
Asentamiento (in)	3.5	2.5	4	3.5	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 38: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco relación a/c 0.53

Ensayo	Dosificación				
	CP	CPR+0 %NPG	CPR+0,05 %NPG	CPR+0, 10%NPG	CPR+0,1 5%NPG
Asentamiento (in)	4	3	4	3.5	3

Fuente: Elaboración Propia

Ensayos al concreto en estado endurecido

Resistencia a la Compresión

Relación a/c 0.46

Los resultados que se muestran Tabla N° 39 respecto a la resistencia a la compresión se realizaron en distintas mezclas de concreto a los 7 y 28 días, conforme a las normativas técnicas aplicables. Los resultados obtenidos son cruciales para evaluar el comportamiento del concreto en diferentes condiciones y tiempos, y para entender el impacto que tienen las nanoplaquetas de grafeno (NPG) en las propiedades mecánicas del material.

En el ensayo realizado a los 7 días, se obtuvieron los siguientes valores de resistencia a compresión: el Concreto Patrón (CP) mostró una resistencia de 262.03 kgf/cm², el Concreto con Agregados Reciclados (CPR) registró 196.56 kgf/cm², el CPR con una adición de 0.05% de NPG alcanzó 228.72 kgf/cm², el CPR con 0.10% de NPG obtuvo 215.57 kgf/cm², y el CPR con 0.15% de NPG registró 205.30 kgf/cm².

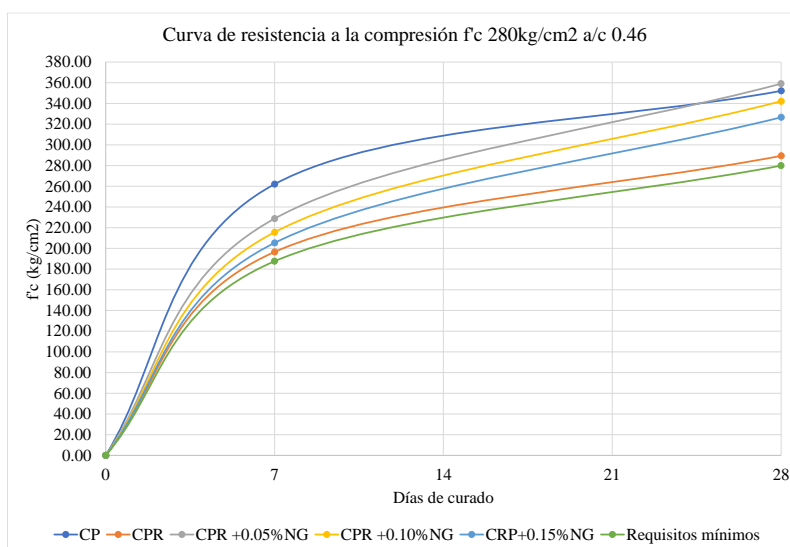
Al extender el período de curado a 28 días, se observaron cambios significativos en la resistencia a compresión de las diferentes mezclas de concreto. Los valores obtenidos fueron: 352.22 kgf/cm² para el CP, 289.40 kgf/cm² para el CPR, 359.11 kgf/cm² para el CPR con 0.05% de NPG, 342.13 kgf/cm² para el CPR con 0.10% de NPG, y 326.67 kgf/cm² para el CPR con 0.15% de NPG.

Tabla N° 39: Tabla de resistencia a la compresión relación a/c=0.46

f _c =280 kg/cm ² a/c=0.46						
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	CARGA (Q) (KN)	DIÁMETRO (d) (cm)	f _c (kg/cm ²)	f _c promedio (kg/cm ²)
01	0% AR +0%NG	7	456.3	15	263.21	262.03
02		7	452.21	15	260.85	
03		28	609.3	15	351.47	352.22
04		28	611.9	15	352.97	
05	100% AR +0%NG	7	328.5	15	189.49	196.56
06		7	353	15	203.63	
07		28	491.5	15	283.52	289.40
08		28	511.9	15	295.29	
09	100% AR +0.05%NG	7	394.3	15	227.45	228.72
10		7	398.7	15	229.99	
11		28	615.3	15	354.93	359.11
12		28	629.8	15	363.30	
13	100% AR +0.10%NG	7	368.1	15	212.34	215.57
14		7	379.3	15	218.80	
15		28	599	15	345.53	342.13
16		28	587.2	15	338.72	
17	100% AR +0.15%NG	7	353.5	15	203.91	205.30
18		7	358.3	15	206.68	
19		28	558.2	15	321.99	326.67
20		28	574.4	15	331.34	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 5: Curva de aumento de la resistencia a la compresión de 7 y 28 días $a/c=0.46$

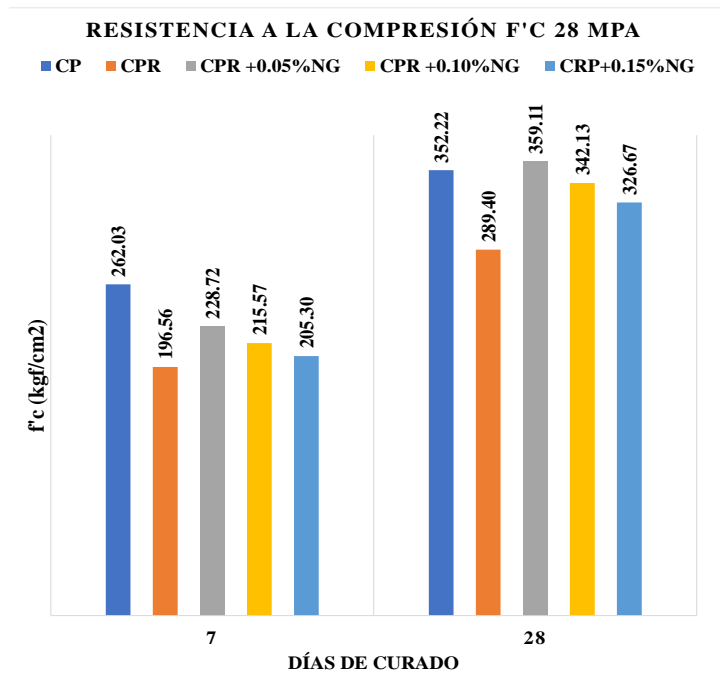


Fuente: Elaboración Propia

A los 7 días, la mezcla CPR+0.05%NPG alcanzó una resistencia a compresión de 228.72 kgf/cm², lo que representa el 81.7% de la resistencia de referencia de 280 kgf/cm².

Al extender el período de curado a 28 días, la mezcla CPR+0.05%NPG mostró una mejora considerable, alcanzando una resistencia a compresión de 359.11 kgf/cm². Este valor representa el 128.3% de la resistencia de referencia establecida.

Gráfico N° 6: Resistencia a la compresión 7 y 28 días $a/c=0.46$.



Fuente: Elaboración Propia

Como se visualiza en el gráfico N°6, a los 7 días, la mezcla CPR+0.05%NPG mostró una resistencia a compresión que representa un incremento del 16.4% en comparación con el concreto patrón reciclado (CPR), y una disminución del 12.7% respecto al concreto patrón (CP) que obtuvo. Sin embargo, al llegar a los 28 días, la mejora en la resistencia a compresión fue aún más notable. La mezcla CPR+0.05%NPG alcanzó una resistencia a compresión que implica un incremento sustancial del 24.1% en comparación con el CPR que registró, y un incremento del 1.9% respecto al CP.

Los resultados demuestran una mejora notable en la resistencia a compresión del concreto con agregados reciclados mediante la adición de nanoplaquetas de grafeno, especialmente notable a los 28 días. La variación en la resistencia a compresión entre las mezclas con diferentes concentraciones de NPG sugiere que la concentración de 0.05% de NPG resulta en una mayor resistencia a compresión a los 28 días en comparación con las otras concentraciones ensayadas.

Relación a/c 0.53

Como se visualiza en la tabla N°40. En los ensayos de resistencia a compresión realizados a los 7 y 28 días para la relación agua-cemento 0.53, se observaron diferencias notables entre las mezclas de concreto ensayadas. La adición de nanoplaquetas de grafeno (NPG) al concreto con agregados reciclados (CPR) mostró un efecto beneficioso en la resistencia a compresión, siendo nuevamente la concentración del 0.05% la que presentó los resultados más favorables.

A los 7 días, se obtuvieron los siguientes valores de resistencia a compresión: el Concreto Patrón (CP) registró 227.67 kg/cm², el Concreto con Agregados Reciclados (CPR) 166.22 kg/cm², el CPR con una adición de 0.05% de NPG alcanzó 201.22 kg/cm², el CPR con 0.10% de NPG obtuvo 194.18 kg/cm², y el CPR con 0.15% de NPG registró 171.04 kg/cm².

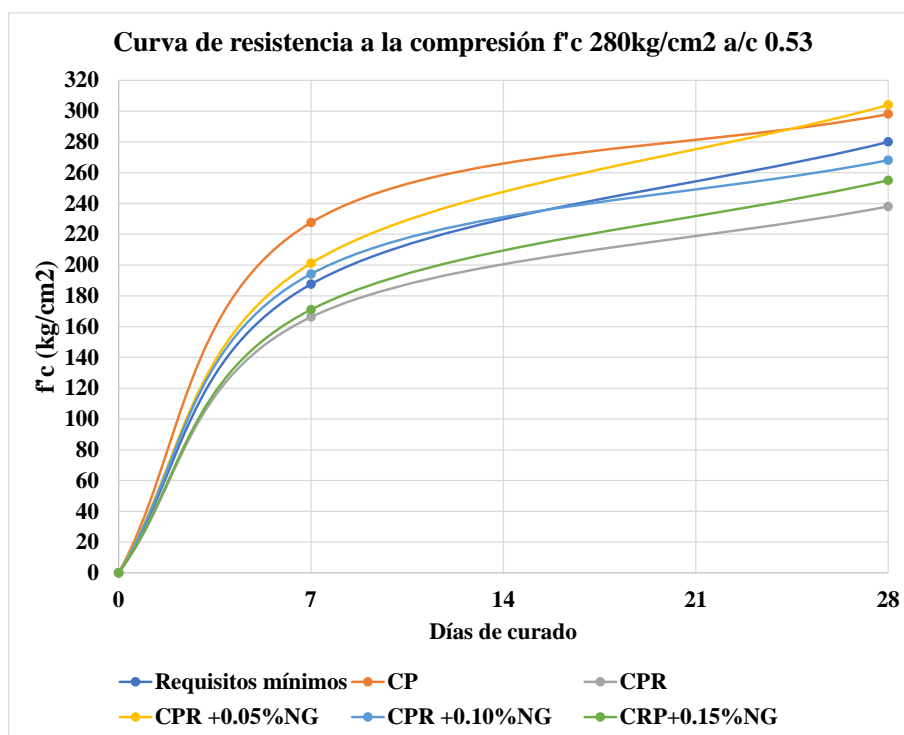
Al llegar a los 28 días, la mejora en la resistencia a compresión fue más notoria. Los valores obtenidos fueron: 298.12 kg/cm² para el CP, 238.09 kg/cm² para el CPR, 304.04 kg/cm² para el CPR con 0.05% de NPG, 268.09 kg/cm² para el CPR con 0.10% de NPG, y 255.02 kg/cm² para el CPR con 0.15% de NPG.

Tabla N° 40: Tabla de resistencia a la compresión relación a/c=0.53

f'c=280 kg/cm ² a/c=0.53						
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	CARGA (Q) (KN)	DIÁMETRO (d) (cm)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
01	0% AR +0% NG	7	397.3	15	229	227.67
02		7	391.8	15	226	
03		28	515.46	15	297	298.12
04		28	517.81	15	299	
05	100% AR +0% NG	7	289.2	15	167	166.22
06		7	286.9	15	166	
07		28	414.9	15	239	238.09
08		28	410.3	15	237	
09	100% AR +0.05% NG	7	345.1	15	199	201.22
10		7	352.3	15	203	
11		28	526.5	15	304	304.04
12		28	527.3	15	304	
13	100% AR +0.10% NG	7	334.3	15	193	194.18
14		7	338.7	15	195	
15		28	462.5	15	267	268.09
16		28	466.7	15	269	
17	100% AR +0.15% NG	7	297.5	15	172	171.04
18		7	295.3	15	170	
19		28	441.9	15	255	255.02
20		28	442	15	255	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 7: Curva de aumento de la resistencia a la compresión de 7 y 28 días a/c=0.46

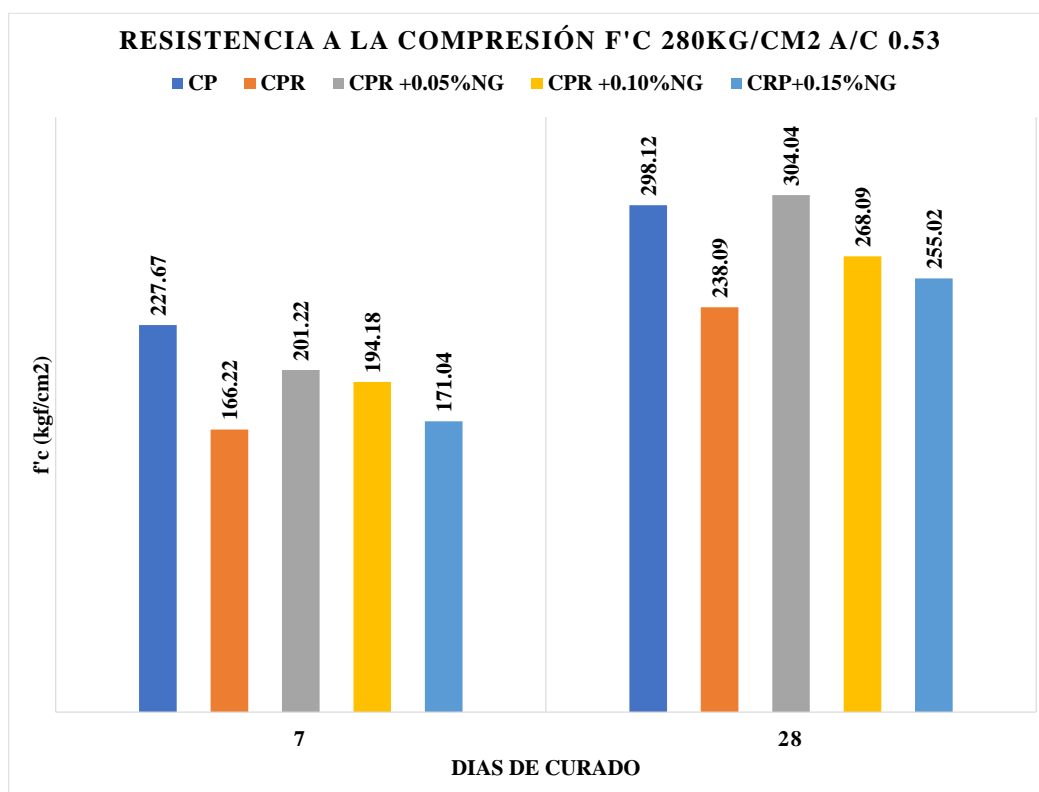


Fuente: Elaboración Propia

En comparación con una resistencia de referencia de 280 kg/cm², a los 7 días ninguna de las mezclas alcanzó la resistencia de referencia. Sin embargo, a los 28 días, la mezcla

CPR+0.05% NPG superó la resistencia de referencia, alcanzando el 108.6% de la resistencia establecida.

Gráfico N° 8: Resistencia a la compresión 7 y 28 días a/c 0.53.



Fuente: Elaboración Propia

A los 7 días, la resistencia a compresión de la mezcla CPR+0.05%NPG representa un incremento del 21.1% en comparación con el CPR. Sin embargo, en comparación con el CP, la resistencia a compresión de la mezcla CPR+0.05%NPG fue un 11.6% menor.

Al llegar a los 28 días, la mezcla CPR+0.05%NPG mostró una resistencia a compresión que indica un incremento notable del 27.6% en comparación con el CPR que registró. Además, en comparación con el CP que registró 298.12 kg/cm², la resistencia a compresión de la mezcla CPR+0.05%NPG fue un 2.0% mayor.

Estos resultados reafirman que la adición de nanoplaquetas de grafeno al concreto con agregados reciclados mejora notablemente la resistencia a compresión, y que la concentración de 0.05% de NPG es la más efectiva en mejorar la resistencia a compresión a largo plazo.

Resistencia a la Abrasión

Relación a/c 0.46

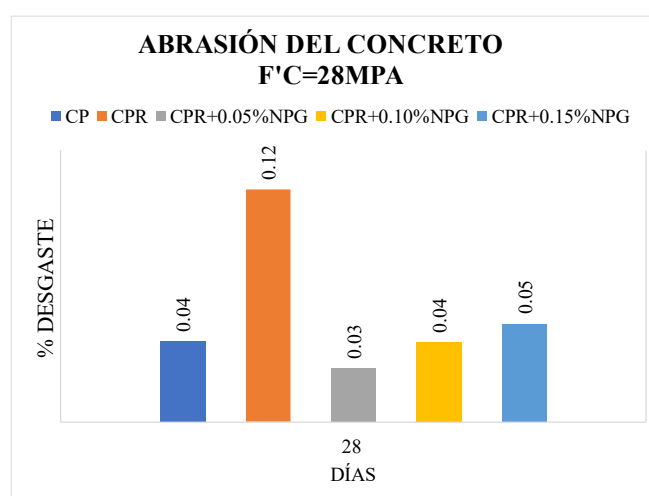
En el ensayo de resistencia a la abrasión, se obtuvieron resultados que reflejan la influencia significativa de las nanoplaquetas de grafeno en la resistencia al desgaste del concreto reciclado. La mezcla Concreto Patrón (CP) mostró un desgaste del 0.04%, mientras que el Concreto Patrón Reciclado (CPR) registró un desgaste del 0.12%. Por otro lado, las mezclas con adición de nanoplaquetas de grafeno exhibieron una disminución en el desgaste; la mezcla CPR con 0.05% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0.05%NPG) presentó un desgaste del 0.03%, la mezcla CPR con 0.10% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0.10%NPG) mostró un desgaste del 0.04%, y la mezcla CPR con 0.15% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0.15%NPG) registró un desgaste del 0.05%. Ver Tabla 41.

Tabla N° 41: Tabla de resistencia a la abrasión relación a/c=0.46

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
0AR0NG	Reemplazo $R_{a/c} = 0.46$	15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1110	1110	0	0.04
100AR0NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	925	924	1	0.12
100AR0.05NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1295	1295	0	0.03
100AR0.10NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	924	924	0	0.04
100AR0.15NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1406	1405	1	0.05

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 9: Resistencia a la abrasión 28días a/c=0.46



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que con la adición del 0.05% de nanoplaquetas de grafeno tiene el menor porcentaje de desgaste a la abrasión, lo cual indica que la adición de nanoplaquetas de grafeno mejora la resistencia al desgaste.

Relación a/c 0.53

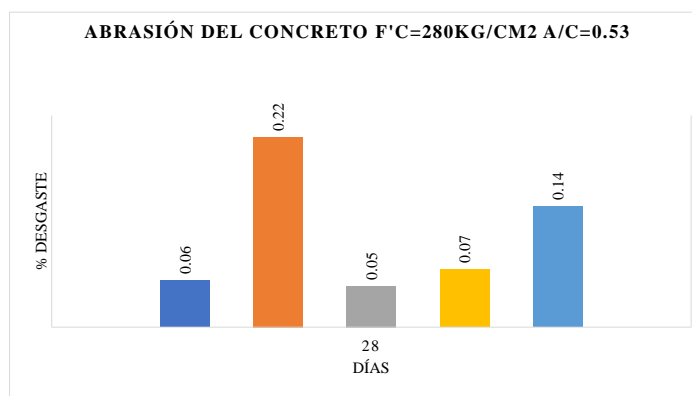
En el ensayo de resistencia a la abrasión, se obtuvieron resultados que reflejan la influencia significativa de las nanoplaquetas de grafeno en la resistencia al desgaste del concreto reciclado. La mezcla Concreto Patrón (CP) mostró un desgaste del 0.06%, mientras que el Concreto Patrón Reciclado (CPR) registró un desgaste del 0.22%. Por otro lado, las mezclas con adición de nanoplaquetas de grafeno exhibieron una disminución en el desgaste; la mezcla CPR con 0.05% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0.05%NPG) presentó un desgaste del 0.05%, la mezcla CPR con 0.10% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0.10%NPG) mostró un desgaste del 0.07%, y la mezcla CPR con 0.14% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0.15%NPG) registró un desgaste del 0.05%. Ver figura Tabla 42.

Tabla N° 42: Tabla de resistencia a la abrasión relación a/c=0.53

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
0AR0NG	Reemplazo R a/c = 0.53	15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1217	1216	1	0.06
100AR0NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1016	1014	2	0.22
100AR0.05NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1401	1400	1	0.05
100AR0.10NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1316	1315	1	0.07
100AR0.15NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	957	956	1	0.14

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 10: Resistencia a la abrasión 28 días a/c 0.53



Fuente: Elaboración Propia

Permeabilidad

Relación a/c 0.46

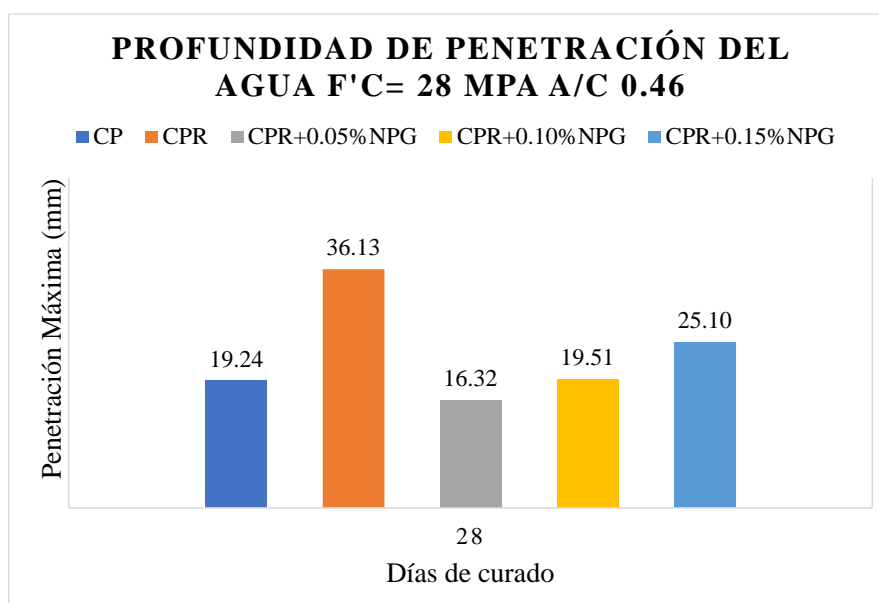
En este ensayo se obtuvieron diversos resultados de profundidad de penetración de agua bajo presión, conforme a la norma española UNE-EN 12390-8. Para el concreto patrón (CP), se observó una profundidad de penetración de 19.24 mm. En el caso del patrón con agregados reciclados (CPR), la profundidad fue de 36.13 mm, mostrando un incremento del 87.9% en comparación con el CP. Al adicionar nanoplaquetas de grafeno al CPR, se registraron profundidades de penetración de 16.32 mm, 19.51 mm y 25.10 mm para las dosificaciones de 0.05%, 0.10% y 0.15% de nanoplaquetas de grafeno respectivamente. Estos valores representan variaciones porcentuales de -15.2%, 1.4% y 82.6% respecto al CP. Ver tabla 38.

Tabla N° 43: Tabla de resistencia a la profundidad de penetración del agua a/c=0.46

f'c=280 kg/cm ² a/c=0.46			
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	Penetración Máxima (mm)
01	CP	28	19.24
02	CPR	28	36.13
03	CPR+0.05%NPG	28	16.32
04	CPR+0.10%NPG	28	19.51
05	CPR+0.15%NPG	28	25.10

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 11: Resistencia a la profundidad de penetración del agua a/c=0.46



Fuente: Elaboración Propia

Relación a/c 0.53

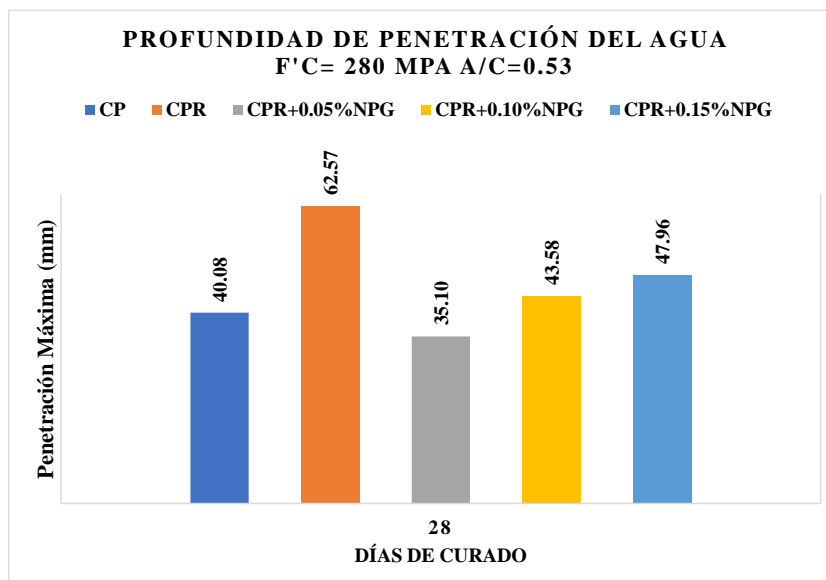
En este ensayo se obtuvieron diversos resultados de profundidad de penetración de agua bajo presión, conforme a la norma Española UNE-EN 12390-8. Para el concreto patrón (CP), se observó una profundidad de penetración de 40.08 mm. En el caso del patrón con agregados reciclados (CPR), la profundidad fue de 62.57 mm, mostrando un incremento del 87.9% en comparación con el CP. Al adicionar nanoplaquetas de grafeno al CPR, se registraron profundidades de penetración de 35.10 mm, 43.58 mm y 47.96 mm para las dosificaciones de 0.05%, 0.10% y 0.15% de nanoplaquetas de grafeno respectivamente. Estos valores representan variaciones porcentuales de -15.2%, 1.4% y 82.6% respecto al CP. Ver tabla 44.

Tabla N° 44: Tabla de resistencia a la profundidad de penetración del agua a/c=0.53

f'c=280 kg/cm ² a/c=0.53			
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	Penetración Máxima (mm)
01	CP	28	40.08
02	CPR	28	62.57
03	CPR+0.05%NPG	28	35.10
04	CPR+0.10%NPG	28	43.58
05	CPR+0.15%NPG	28	47.96

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 12: Resistencia a la profundidad de penetración del agua a/c=0.53



Fuente: Elaboración Propia

Módulo de Elasticidad

Relación a/c 0.46

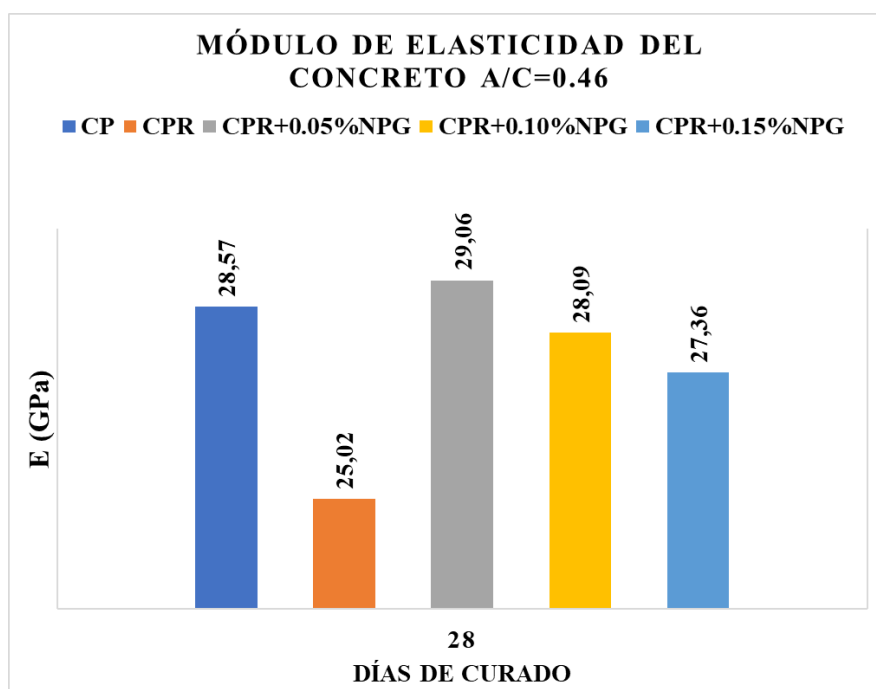
Los resultados del Módulo de elasticidad (E) obtenidos fueron de 28,57 Giga Pascales (GPa) para el CP, 25,02 GPa para el CPR, 29,06 GPa para la dosificación con 0,05 % de NPG, 28,09 GPa para el 0,10 % de NPG, y 27,36 GPa para el 0,15 % de NPG. Al comparar estos valores con la normativa peruana E.060, que sugiere una relación $E = 4700 * \sqrt{f'c}$ para un $f'c$ de 28 MPa, se obtiene un valor estimado de 2,87 Pa. Por lo tanto, los resultados para las dosificaciones con 0,05 % y 0,10 % de NPG superan al valor estimado por la normativa, mientras que el concreto patrón y patrón reciclado están por encima y por debajo respectivamente. Tabla 45.

Tabla N° 45: Tabla de módulo de elasticidad relación a/c=0.46

Relación a/c=0.46			
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	E (kgf/cm2)
01	CP	28	28.57
02	CPR	28	25.02
03	CPR+0.05%NPG	28	29.06
04	CPR+0.10%NPG	28	28.09
05	CPR+0.15%NPG	28	27.36

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 13: Módulo de elasticidad relación a/c=0.46



Fuente: Elaboración Propia

Relación a/c 0.53

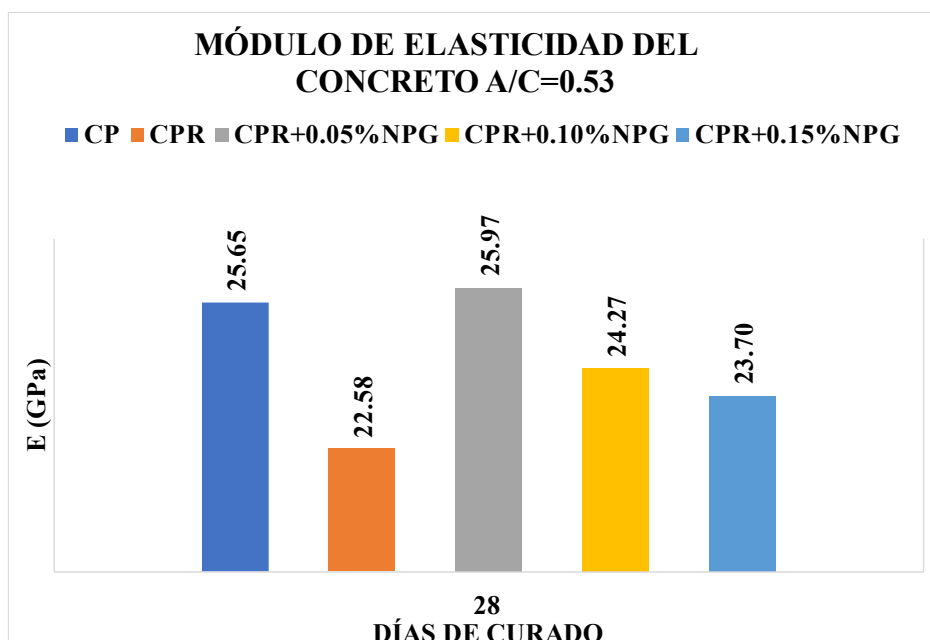
En la investigación llevada a cabo, se realizó un ensayo para determinar el módulo de elasticidad del concreto, conforme a la normativa ASTM C-469. Los resultados obtenidos fueron de 25.65 GPA para el concreto patrón, 22.58 GPA para el concreto patrón reciclado, 25.97 GPA para la dosificación con 0.05% de NPG, 24.27 GPA para el 0.10% de NPG, y 23.70 GPA para el 0.15% de NPG. Al comparar estos valores con la normativa peruana E0.60, que sugiere una relación $E_c = 15000 \cdot \sqrt{f'_c}$ para un f'_c de 280 kgf/cm², se obtiene un valor estimado de 24.87 GPa. Por lo tanto, los resultados para las dosificaciones con 0.05% y 0.10% de NPG superan al valor estimado por la normativa, mientras que el concreto patrón y patrón reciclado están ligeramente por encima y por debajo respectivamente. Tabla 46.

Tabla N° 46: Tabla de módulo de elasticidad relación a/c=0.53

Relación a/c=0.46			
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	E (kgf/cm2)
01	CP	28	25.65
02	CPR	28	22.58
03	CPR+0.05%NPG	28	25.97
04	CPR+0.10%NPG	28	24.27
05	CPR+0.15%NPG	28	23.70

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 14: Módulo de elasticidad relación a/c=0.53



Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Poisson

Relación a/c 0.46

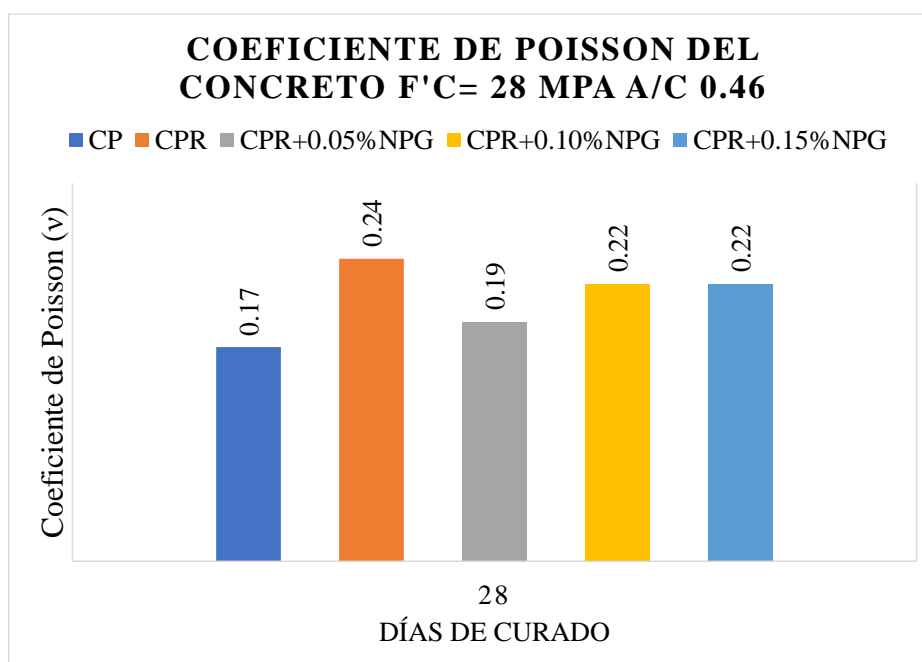
Se encontraron varios valores para el coeficiente de Poisson en las diferentes mezclas de concreto examinadas. Los valores obtenidos fueron 0,17; 0,24; 0,19; 0,22 y 0,22 respectivamente para las mezclas CP (Concreto Patrón), CPR (Concreto Patrón Reciclado), CPR+0,05%NPG (Concreto Patrón Reciclado con 0,05% de nanoplaquetas de grafeno), CPR+0,10%NPG y CPR+0,15%NPG. Ver Tabla N°47.

Tabla N° 47: Tabla de coeficiente de poisson $a/c=0.46$

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2 \text{ } a/c=0.46$			
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	ν
01	CP	28	0.17
02	CPR	28	0.24
03	CPR+0.05%NPG	28	0.19
04	CPR+0.10%NPG	28	0.22
05	CPR+0.15%NPG	28	0.22

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 15: Coeficiente de Poisson $a/c=0.46$



Fuente: Elaboración Propia

Relación a/c 0.53

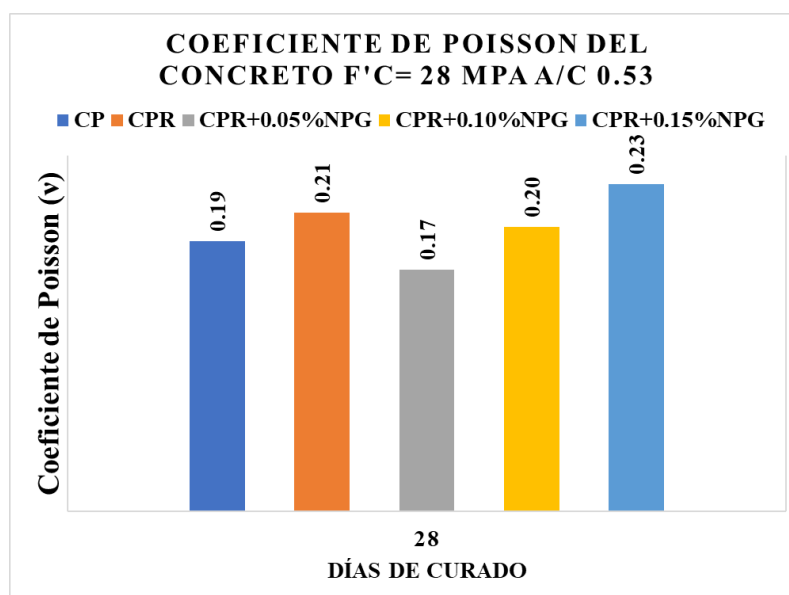
Se encontraron varios valores para el coeficiente de Poisson en las diferentes mezclas de concreto examinadas. Los valores obtenidos fueron 0,19; 0,21; 0,17; 0,20 y 0,23 respectivamente para las mezclas CP (Concreto Patrón), CPR (Concreto Patrón Reciclado), CPR+0,05%NPG (Concreto Patrón Reciclado con 0,05% de nanoplaquetas de grafeno), CPR+0,10%NPG y CPR+0,15%NPG. Ver Tabla N°48.

Tabla N° 48: Tabla de coeficiente de poisson $a/c=0.53$

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ $a/c=0.53$			
MUESTRA N°	DESCRIPCION	EDAD (días)	E (MPa)
01	CP	28	0.19
02	CPR	28	0.21
03	CPR+0.05%NPG	28	0.17
04	CPR+0.10%NPG	28	0.20
05	CPR+0.15%NPG	28	0.23

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 16: Coeficiente de Poisson $a/c=0.53$



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia ante el ataque de sulfatos

En este estudio, se evaluó la resistencia al ataque de sulfatos en barras de mortero utilizando concreto reciclado adicionado con nanoplaquetas de grafeno (NPG) en comparación con un concreto patrón.

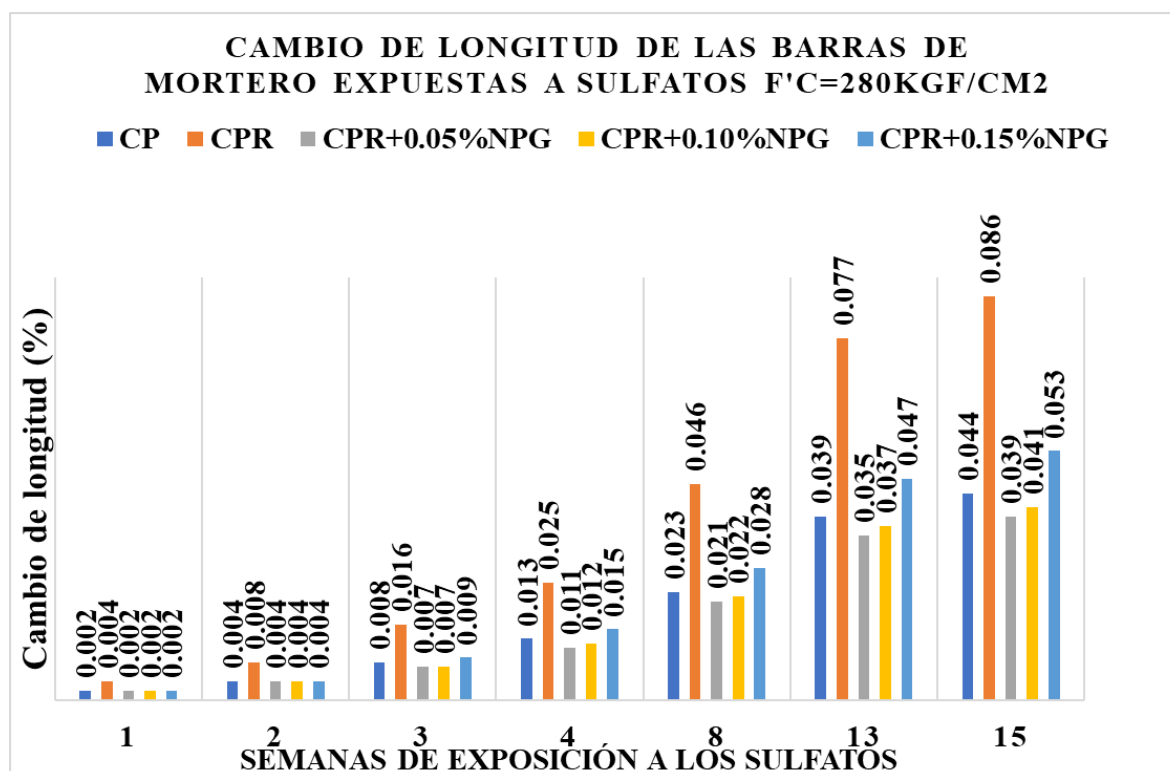
Relación a/c 0.46

Tabla N° 49: Tabla de cambio de longitud de las barras de mortero expuestas a sulfatos
a/c=0.46

f'c=280 kgf/cm ² a/c=0.46					
Semanas	Cambio de Longitud Promedio (%)				
	CP	CPR	CPR+0.05%NPG	CPR+0.10%NPG	CPR+0.15%NPG
1	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002
2	0.004	0.008	0.004	0.004	0.004
3	0.008	0.016	0.007	0.007	0.009
4	0.013	0.025	0.011	0.012	0.015
8	0.023	0.046	0.021	0.022	0.028
13	0.039	0.077	0.035	0.037	0.047
15	0.044	0.086	0.039	0.041	0.053

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 17: Cambio de longitud de las barras de mortero expuestas a sulfatos a/c=0.46



Fuente: Elaboración Propia

Los concretos fueron denominados CP (Concreto Patrón), CPR (Concreto Patrón Reciclado), CPR+0.05%NPG, CPR+0.10%NPG y CPR+0.15%NPG. La medición del cambio de longitud

se realizó durante 15 semanas, registrando los cambios en las semanas 1, 2, 3, 4, 8 y 13. A las 15 semanas, se observaron los siguientes cambios de longitud en porcentajes: 0.044%, 0.086%, 0.038%, 0.041% y 0.053% para cada tipo de concreto, respectivamente. Los resultados se visualizan en la Tabla N°49.

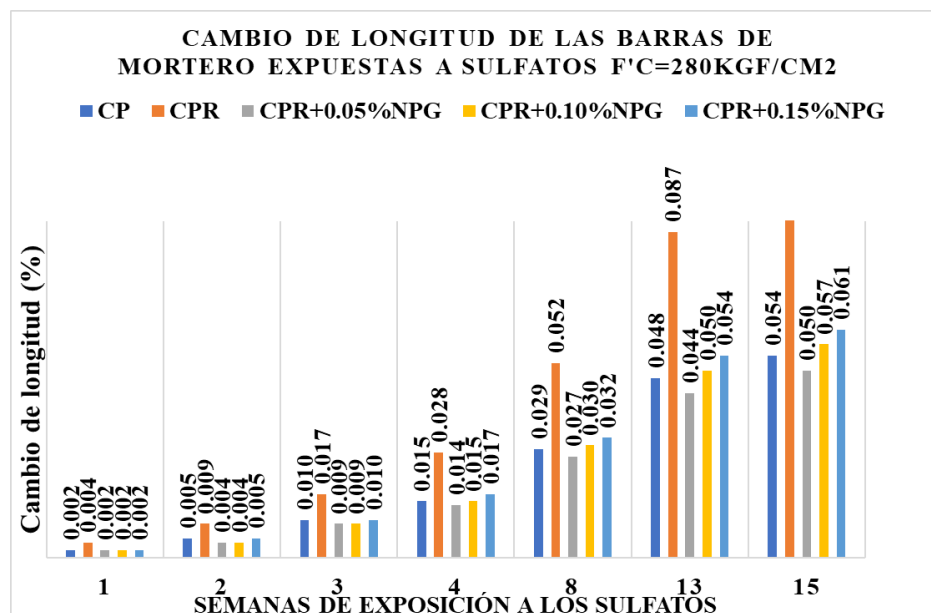
Relación a/c 0.53

Tabla N° 50: Tabla de cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos
a/c=0.53

f'c=280 kgf/cm2 a/c=0.53					
Semanas	Cambio de Longitud Promedio (%)				
	CP	CPR	CPR+0.05%NPG	CPR+0.10%NPG	CPR+0.15%NPG
1	0.002	0.004	0.002	0.002	0.002
2	0.005	0.009	0.004	0.004	0.005
3	0.010	0.017	0.009	0.009	0.010
4	0.015	0.028	0.014	0.015	0.017
8	0.029	0.052	0.027	0.030	0.032
13	0.048	0.087	0.044	0.050	0.054
15	0.054	0.097	0.050	0.057	0.061

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 18: Cambio de longitud de las barras de mortero expuestos a sulfatos a/c=0.53



Fuente: Elaboración Propia

Los concretos fueron denominados como CP (Concreto Patrón), CPR (Concreto Patrón Reciclado), CPR+0.05%NPG, CPR+0.10%NPG y CPR+0.15%NPG. La medición del cambio de longitud se realizó durante 15 semanas, registrando los cambios en las semanas 1, 2, 3, 4, 8 y 13. A las 15 semanas, se observaron los siguientes cambios de longitud en porcentajes:

0.054%, 0.097%, 0.050%, 0.057% y 0.061% para cada tipo de concreto, respectivamente. Los resultados se visualizan en la Tabla N°50.

Comparación de costo por m³

Para la elaboración de costo unitario para realizar un metro cúbico de concreto, ya sea con agregados naturales o agregados reciclados adicionado de nanoplaquetas de grafeno, solo se tuvo en cuenta el porcentaje de adición que obtuvo mejores resultados en los ensayos del concreto, que para el caso fue 0.05%, debido también a que es el menor porcentaje de adición.

Relación agua cemento 0.46 Concreto Patrón

El costo por cada m³ de concreto elaborado con agregados naturales fue de S/ 387.13, además los precios de cada material han sido cotizados a la fecha mostrada en la tabla N° 51.

Tabla N° 51: Costo por m³ de concreto a/c=0.46

COSTO UNITARIO m ³ DE CONCRETO PATRÓN 0.46						
ELABORADO POR: Luis Fernando Ríos Ruiz				Fecha: 05/09/2023		
				Total S/. 387.13		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA				8.89		
Operario	hh	1	0.27	13.73	3.66	
Peón	hh	2	0.53	9.81	5.23	
MATERIALES				374.71		
Cemento pórtland tipo MS	bls		10.82	24.60	266.05	
Arena gruesa	m ³		0.64	53.30	33.86	
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.66	61.50	40.41	
Agua	m ³		0.22	6.56	1.46	
Aditivo	lt		3.03	10.23	31.00	
Gasolina 90 oct	gln		0.13	14.68	1.93	
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS				3.53		
Herramientas manuales	%MO		3.00	0.27	0.80	
Mezcladora de Concreto 11p3	h-m		0.27	10.25	2.73	

Fuente: Elaboración Propia

Relación agua cemento 0.46 Concreto Patrón Reciclado

El costo por cada m³ de concreto elaborado con agregados reciclados fue de S/ 356.33 cotizados a la fecha mostrada en la tabla N° 52.

Tabla N° 52: Costo por m3 de concreto a/c=0.46

COSTO UNITARIO m3 DE CONCRETO RECICLADO PATRÓN 0.46						
ELABORADO POR: Luis Fernando Ríos Ruiz				Fecha: 05/09/2023		
				Total S/. 356.33		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA				8.89		
Operario	hh	1	0.27	13.73	3.66	
Peón	hh	2	0.53	9.81	5.23	
MATERIALES				343.91		
Cemento pórtland tipo MS	bls		12.02	24.60	295.71	
Arena gruesa reciclada	m3		0.57	8.00	4.54	
Piedra reciclada de 1/2"	m3		0.53	10.00	5.25	
Agua	m3		0.31	6.56	2.05	
Aditivo	lt		3.37	10.23	34.43	
Gasolina 90 oct	gln		0.13	14.68	1.93	
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS				3.53		
Herramientas manuales	%MO		3.00	0.27	0.80	
Mezcladora de Concreto 11p3	h-m		0.27	10.25	2.73	

Fuente: Elaboración Propia

Relación agua cemento 0.46 Concreto Reciclado +0.05% NG

El costo por cada m3 de concreto elaborado con agregados reciclados y adicionado de nanoplaquetas de grafeno al 0.05% respecto al peso del cemento fue de S/ 592.17 cotizados a la fecha mostrada en la tabla N° 53.

Tabla N° 53: Costo por m3 de concreto a/c=0.46

COSTO UNITARIO m3 DE CONCRETO RECICLADO PATRÓN 0.46 +0.05%NPG						
Luis Fernando Ríos Ruiz				Fecha: 05/09/2023		
				Total S/. 592.17		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA				8.89		
Operario	hh	1	0.27	13.73	3.66	
Peón	hh	2	0.53	9.81	5.23	
MATERIALES				549.00		
Cemento pórtland tipo MS	bls		12.25	24.60	301.45	
Arena gruesa reciclada	m3		0.57	8.00	4.54	
Piedra reciclada de 1/2"	m3		0.53	10.00	5.25	
Agua	m3		0.31	6.56	2.05	
Aditivo	lt		3.37	10.23	34.43	
Gasolina 90 oct	gln		0.13	14.68	1.93	
Nanoplaquetas de grafeno	kg		0.26	765.55	199.35	
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS				34.28		
Herramientas manuales	%MO		3.00	0.27	0.80	
Mezcladora de Concreto 11p3	h-m		0.27	10.25	2.73	
Sonicador	hm		10.00	3.08	30.75	

Fuente: Elaboración Propia

Relación agua cemento 0.53 Concreto Patrón

El costo por cada m³ de concreto elaborado con agregados naturales fue de S/ 341.66, además los precios de cada material han sido cotizados a la fecha mostrada en la tabla N° 54.

Tabla N° 54: Costo por m³ de concreto a/c=0.53

COSTO UNITARIO m ³ DE CONCRETO PATRÓN 0.53						
ELABORADO POR: Luis Fernando Ríos Ruiz				Fecha: 05/09/2023		
				Total S/. 341.66		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1	0.27	13.73	3.66	
Peón	hh	2	0.53	9.81	5.23	
						8.89
MATERIALES						
Cemento pórtland tipo MS	bls		9.31	24.60	229.08	
Arena gruesa	m ³		0.68	53.30	36.21	
Piedra chancada de 1/2"	m ³		0.66	61.50	40.41	
Agua	m ³		0.21	6.56	1.39	
Aditivo	lt		1.98	10.23	20.22	
Gasolina 90 oct	gln		0.13	14.68	1.93	
						329.24
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00	0.27	0.80	
Mezcladora de Concreto 11p3	h-m		0.27	10.25	2.73	
						3.53

Fuente: Elaboración Propia

Relación agua cemento 0.53 Concreto Patrón Reciclado

El costo por cada m³ de concreto elaborado con agregados reciclados fue de S/ 258.77 cotizados a la fecha mostrada en la tabla N° 55.

Tabla N° 55: Costo por m³ de concreto a/c=0.53

COSTO UNITARIO m ³ DE CONCRETO RECICLADO PATRÓN 0.53						
ELABORADO POR: Luis Fernando Ríos Ruiz				Fecha: 05/09/2023		
				Total S/. 305.31		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Operario	hh	1	0.27	13.73	3.66	
Peón	hh	2	0.53	9.81	5.23	
						8.89
MATERIALES						
Cemento pórtland tipo MS	bls		10.42	24.60	256.36	
Arena gruesa reciclada	m ³		0.61	8.00	4.87	
Piedra reciclada de 1/2"	m ³		0.53	10.00	5.25	
Agua	m ³		0.31	6.56	2.05	
Aditivo	lt		2.19	10.23	22.43	
Gasolina 90 oct	gln		0.13	14.68	1.93	
						292.89
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales	%MO		3.00	0.27	0.80	
Mezcladora de Concreto 11p3	h-m		0.27	10.25	2.73	
						3.53

Fuente: Elaboración Propia

Relación agua cemento 0.53 Concreto Reciclado +0.05% NG

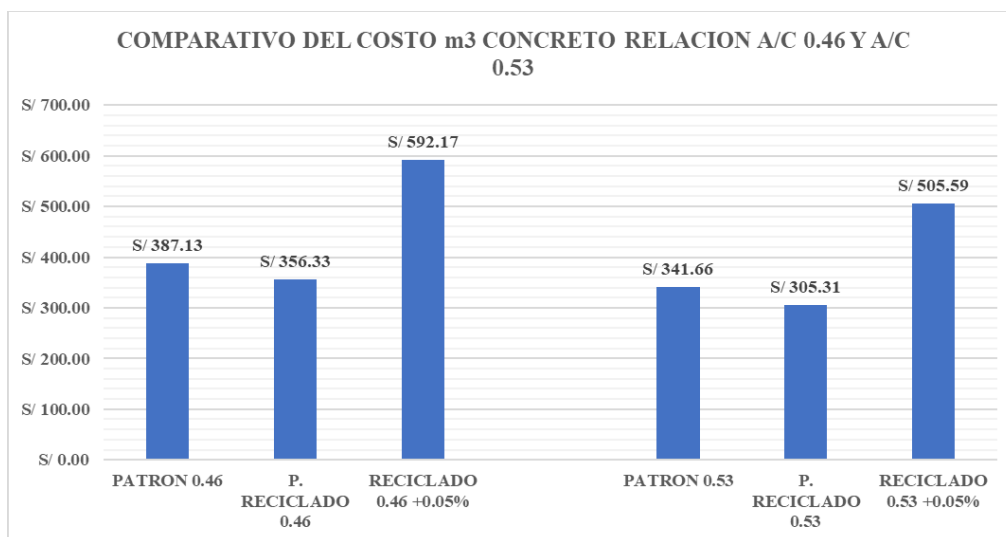
El costo por cada m³ de concreto elaborado con agregados reciclados y adicionado de nanoplaquetas de grafeno al 0.05% respecto al peso del cemento fue de S/ 449.92 cotizados a la fecha mostrada en la tabla N° 56.

Tabla N° 56: Costo por m³ de concreto a/c=0.46

COSTO UNITARIO m ³ DE CONCRETO RECICLADO PATRÓN 0.53 +0.05%NPG						
Luis Fernando Ríos Ruiz				Fecha: 05/09/2023		
				Total S/. 505.59		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						8.89
Operario	hh	1	0.27	13.73	3.66	
Peón	hh	2	0.53	9.81	5.23	
MATERIALES						462.42
Cemento pórtland tipo MS	bls		10.42	24.60	256.36	
Arena gruesa reciclada	m ³		0.61	8.00	4.87	
Piedra reciclada de 1/2"	m ³		0.53	10.00	5.25	
Agua	m ³		0.31	6.56	2.05	
Aditivo	lt		2.19	10.23	22.43	
Gasolina 90 oct	gln		0.13	14.68	1.93	
Nanoplaquetas de grafeno	kg		0.22	765.55	169.53	
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS						34.28
Herramientas manuales	%MO		3.00	0.27	0.80	
Mezcladora de Concreto 11p3	h-m		0.27	10.25	2.73	
Sonicador	hm		10.00	3.08	30.75	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 19: Comparación del costo por m³ de concreto, relación a/c 0.46 y a/c 0.53



Fuente: Elaboración Propia

Propuesta de especificación técnica para el proceso constructivo del concreto reciclado adicionado de nanoplaquetas de grafeno.

TITULO: “Especificación Técnica para el Proceso Constructivo con Concreto Reciclado Reforzado con Nanoplaquetas de Grafeno”

1. Objetivo:

- Definir los procedimientos, equipos y controles necesarios para el proceso constructivo utilizando concreto reciclado reforzado con nanoplaquetas de grafeno.

2. Referencias Normativas:

- (A la fecha no existen normativas peruanas para la aplicación de nanotecnología en el concreto).

3. Definiciones:

- **Concreto Reciclado:** Concreto producido utilizando áridos reciclados, provenientes de la demolición de estructuras de concreto existentes.
- **Nanoplaquetas de Grafeno:** Material nanométrico derivado del grafeno, con dimensiones en el rango de los nanómetros, usado para mejorar las propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas del concreto.
- **Dispersión por Ultrasonido:** Proceso utilizado para dispersar partículas a nivel nanométrico en un medio líquido mediante ondas ultrasónicas.
- **Mezcladora de Concreto:** Equipo utilizado para mezclar los componentes del concreto hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Compactación:** Proceso de eliminación del aire contenido en la mezcla de concreto mediante vibración o compactación mecánica para mejorar sus propiedades y desempeño.
- **Curado:** Proceso de mantenimiento de la humedad en el concreto durante un período posterior a su colocación, para asegurar el desarrollo adecuado de sus propiedades.

4. Materiales:

- Concreto Reciclado.
- Nanoplaquetas de Grafeno.

5. Equipos:

- Equipo de dispersión por ultrasonido.

- Mezcladora de concreto.

6. Preparación del Sitio:

- Limpieza y nivelación del terreno.
- Preparación de los encofrados y armaduras.

7. Preparación de la Mezcla:

- **Dispersión de Nanoplaquetas de Grafeno:**

- Dispersar 1 gramo de nanoplaquetas de grafeno en 200 ml de agua utilizando un equipo de dispersión por ultrasonido durante al menos 1 hora.

- **Preparación de Concreto Reciclado:**

- Mezclar el concreto reciclado con la dispersión de nanoplaquetas de grafeno preparada anteriormente.
- Asegurar una mezcla homogénea.

8. Procedimientos de Puesta en Obra:

- **Colocación:**

- Verter la mezcla de concreto en los encofrados o áreas designadas.
- Asegurar que el concreto esté nivelado y en la posición correcta.

- **Compactación:**

- Compactar el concreto utilizando los equipos adecuados para eliminar bolsas de aire y asegurar una buena consolidación.

- **Curado:**

- Curar el concreto según las normativas peruanas.

9. Inspecciones y Controles de Calidad:

- Realizar pruebas de resistencia a la compresión y tracción, así como otras pruebas relevantes para asegurar que el concreto cumple con las especificaciones técnicas requeridas.

10. Seguridad y Salud:

- Seguir todas las precauciones de seguridad y salud ocupacional, especialmente al manipular nanoplaquetas de grafeno y equipos de dispersión.

11. Documentación y Registros:

- Mantener registros detallados de todos los procedimientos, pruebas y controles realizados.

12. Anexos:

- (Incluir cualquier otro documento o tabla relevante para apoyar la especificación técnica).

13. Finalización del Proyecto:

- Inspecciones finales y entrega del proyecto.

Discusión de resultados**Ensayos a los agregados naturales y reciclados**

La evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos de los agregados, tanto naturales como reciclados, brinda un entendimiento detallado sobre sus características y comportamiento. Estas diferencias son fundamentales para determinar la viabilidad y las posibles aplicaciones de los agregados reciclados en la industria de la construcción.

Uno de los hallazgos más notables es la diferencia en el peso específico y la absorción entre los agregados naturales y reciclados. Los agregados reciclados mostraron una absorción más alta y un peso específico ligeramente menor en comparación con los agregados naturales. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la porosidad y la adherencia del mortero residual en los agregados reciclados. La mayor absorción en los agregados reciclados puede requerir ajustes en la relación agua-cemento al preparar las mezclas de concreto, lo que puede impactar en las propiedades finales del concreto.

En cuanto a la resistencia al desgaste, los agregados naturales mostraron un mejor desempeño en comparación con los reciclados. Esta característica es vital en aplicaciones donde se espera que el concreto resista condiciones de alta abrasión e impacto. La menor resistencia al desgaste de los agregados reciclados podría limitar su uso en algunas aplicaciones, a menos que se tomen medidas para mejorar esta propiedad, como la incorporación de aditivos o tratamientos superficiales.

En los ensayos de peso unitario suelto seco y compactado seco, también se observaron diferencias entre los agregados naturales y reciclados. Estas diferencias en la densidad de los materiales pueden afectar la trabajabilidad y la densidad del concreto, lo cual es crucial para evaluar la dosificación de los componentes en la mezcla de concreto.

Estos resultados destacan la importancia de entender las características y el comportamiento de los agregados reciclados en comparación con los naturales. Aunque los agregados reciclados presentan algunas desventajas, como una mayor absorción y una menor resistencia al desgaste, su uso podría ser optimizado a través de la adecuada dosificación y posiblemente la incorporación de aditivos, lo que podría contribuir a la sostenibilidad en la industria de la construcción al promover la reutilización de materiales de desecho.

Ensayo de resistencia a la compresión

En esta sección de discusión, se contrastan los resultados obtenidos en la presente investigación con hallazgos de estudios previos que han explorado la influencia de nanomateriales y la sustitución de agregados en la resistencia a la compresión del concreto.

En la investigación de Devi y Khan [13], realizaron un concreto reciclado al cuál se le añadió óxido de grafeno (GO) en proporciones bajas, demostraron que la incorporación afectaba favorablemente en la resistencia a la compresión, esta observación concuerda con los descubrimientos a los 28 días de curado de la presente investigación, periodo tras el cual se registró un incremento notable en la resistencia a la compresión incorporando 0,05% de nanoplaquetas de grafeno (CPR+0,05%NPG). Este aumento se atribuye a la capacidad del grafeno para llenar nano-espacios dentro de la mezcla del concreto.

En la investigación de Ismail et al. [23], se identificó que la incorporación de nanoplaquetas de grafeno (NPG) influía de manera notable en las características mecánicas del concreto, la incorporación de 0,02% de NPG logró incrementar la resistencia a la compresión en un 20,82%; asimismo, al integrar 0,05% y 0,10% de NPG al concreto, también se registraron avances en la resistencia a la compresión. No obstante, se notó que proporciones más elevadas de NPG (>0,1%) resultaban en un decrecimiento de la resistencia a la compresión. Esto podría explicar por qué el CPR+0,10%NPG y el CPR+0,15%NPG no superaron al diseño de mezcla patrón (CP) en términos de resistencia a la compresión en este estudio, ya que estos tenían una concentración de NPG superior al 0,1%, y esto tal y como se describe en la investigación de [23], es debido a la aglomeración de las nanoplaquetas de grafeno a dosis más altas lo que podría haber contribuido a esta disminución de la resistencia.

La investigación de Bazalar exploró la sustitución de agregados naturales por agregados reciclados en diferentes proporciones. Sus resultados demostraron que un 40% de sustitución de agregados reciclados condujo a la mayor resistencia a la compresión, superando al concreto patrón en un 1.93%. Sin embargo, es importante destacar que cuando la sustitución de

agregados reciclados alcanzó el 50%, la resistencia a la compresión comenzó a disminuir. Este hallazgo es relevante en el contexto de nuestra investigación, ya que respalda la idea de que la concentración de agregados reciclados es un factor determinante en la resistencia del concreto reciclado. En nuestro estudio, empleamos el 100% de agregados reciclados en las muestras etiquetadas como CPR, lo que refuerza la importancia de optimizar la dosificación de nanomateriales, como las nanoplaquetas de grafeno, en tales condiciones.

La investigación realizada por Victor y Katerine [25], se centró en la adición de nanotubos de carbono en el concreto con agregados naturales. Al igual que en nuestra investigación, observaron mejoras en la resistencia a la compresión con la adición de nanotubos de carbono, especialmente a concentraciones bajas. En particular, la adición del 0.05% de nanotubos de carbono mostró una mejora del 10.05% en la resistencia a la compresión. Comparando esto con nuestros resultados, donde el 0.05% de nanoplaquetas de grafeno también condujo a mejoras significativas en la resistencia a la compresión, se destaca la eficacia de dosificaciones bajas de nanomateriales en el refuerzo del concreto.

En resumen, esta comparación de resultados con investigaciones previas resalta la importancia de encontrar dosificaciones óptimas de nanomateriales y agregados reciclados para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. La presente investigación contribuye a esta comprensión al explorar el uso de nanoplaquetas de grafeno en concreto con agregados reciclados, destacando la efectividad de concentraciones bajas de nanoplaquetas de grafeno en la mejora de la resistencia a la compresión en este contexto específico. Además, se enfatiza que la dosificación de agregados reciclados puede ser un factor crítico, como se demostró en el estudio de Bazalar, y que un equilibrio cuidadoso entre los materiales es esencial para lograr resultados óptimos en el concreto reciclado.

Ensayo de resistencia a la abrasión

La variación en la resistencia a la abrasión entre las diferentes mezclas de concreto evidencia la influencia positiva de las nanoplaquetas de grafeno. La mezcla CPR+0.05%NPG mostró la menor pérdida de masa, lo cual es indicativo de una mejora significativa en la resistencia a la abrasión, incluso superando a la mezcla patrón CP con agregados naturales. Este hallazgo es crucial, ya que la resistencia a la abrasión es un indicador de la durabilidad del concreto, especialmente en aplicaciones como pavimentos de carreteras que están sujetos a desgaste continuo.

Los hallazgos concuerdan con las investigaciones previas de Du S et al., [27]; Mohotti et al., [28], quienes también observaron mejoras en la resistencia a la abrasión con la incorporación de materiales basados en grafeno. Mohotti et al., [28], encontró que al agregar óxido de grafeno en porcentajes de 0.1%, 0.2% y 0.3% se obtuvo una reducción en el desgaste de 28%, 46% y 70% respectivamente.

Por otro lado, S. Du et al., [27], observó que la adición de 0.01%, 0.05% y 0.1% de óxido de grafeno disminuyó la pérdida de masa del concreto, lo que se traduce en una mejora en la resistencia a la abrasión. La literatura sugiere que la interacción de las nanoplaquetas de grafeno con el cemento puede resultar en una matriz de concreto más densa, ya que el grafeno puede llenar los vacíos en la matriz cementicia, mejorando así la resistencia a la abrasión [29].

Además, las nanoplaquetas de grafeno pueden mejorar las propiedades eléctricas y mecánicas del concreto, aunque su dispersión en la matriz de cemento puede ser desafiante debido a la naturaleza hidrofóbica del grafeno Lavagna et al., [30]. Se ha reportado que el grafeno mejora la resistencia del concreto a ataques de cloruros, lo cual es beneficioso para la durabilidad del concreto, según Zhang et al., [31].

La disminución del desgaste con la adición de nanoplaquetas de grafeno sugiere que estos nanomateriales pueden ser una opción viable para mejorar la durabilidad del concreto reciclado. Esto es especialmente relevante en el contexto de la construcción sostenible, donde la utilización de concreto reciclado y la mejora de su durabilidad son de suma importancia.

Ensayo de permeabilidad

La discusión de estos resultados se fundamenta en comparación con investigaciones previas realizadas en el campo de la incorporación de nanomateriales en concretos. Apaza y Quispe [25], realizaron una investigación con Nanotubos de Carbono (NTC) en dos tipos de cemento, logrando reducciones significativas en la profundidad de penetración del agua con la adición de NTC.

Para el cemento Yura Tipo IP, las profundidades de penetración fueron de 6.37 cm para el patrón, 15 mm para 0.05% NTC, 11 mm para 0.10% NTC y 11.7 mm para 0.15% NTC, mostrando una notable disminución con la adición de NTC. Sin embargo, es relevante mencionar que la dosificación de resistencia a la compresión utilizada en esta investigación fue de $f'c=30\text{MPa}$, mientras que en la presente investigación fue de $f'c=28\text{MPa}$.

En otra investigación realizada por Galán F. y Nieto J. [9], se observó también una disminución en la penetración del agua con la adición de NTC, aunque en una dosificación de

$f'_c=41$ MPa. La variación en las dosificaciones de resistencia a la compresión entre estas investigaciones y la presente podría ser un factor contribuyente a las diferencias observadas en los resultados de la profundidad de penetración del agua. En esta investigación, se obtuvieron valores de penetración de agua de 40 mm, 21 mm y 8 mm para las dosificaciones de NTC de 0.05%, 0.10% y 0.15% respectivamente, lo que representa una disminución del 33%, 65% y 86% respecto al patrón sin NTC.

La literatura sugiere que la disminución en la profundidad de penetración del agua observada en las mezclas con adición de nanopartículas podría estar relacionada con la dispersión uniforme de estas nanopartículas en la matriz de cemento, lo cual la hace más homogénea y compacta, reduciendo el paso del agua a través del concreto [9]. Además, se ha reportado que la adición de nanoplaquetas de grafeno podría mejorar la resistencia al agua y la penetración de cloruros en el concreto, atribuido a la alta área superficial y la capacidad de las nanoplaquetas de grafeno para obstruir los poros en la matriz de cemento, según H. Du y Pang [32].

Ensayo de módulo de elasticidad

Estos resultados presentan una variación en el módulo de elasticidad (E) en las diferentes mezclas de concreto reciclado con nanoplaquetas de grafeno (NPG). Según los resultados obtenidos, la adición de 0.05% de NPG aumentó el módulo de elasticidad a 25.77 GPa, en comparación con el concreto patrón que registró 24.91 GPa. Esta mejora puede estar relacionada con la densificación de la microestructura del concreto, como se observó en la investigación de Ismail et al.,[23].

La investigación de Ismail [23], reveló un incremento en el módulo de elasticidad con la adición de hasta 0.1% de NPG, lo cual concuerda con los hallazgos del presente estudio, donde se notó un incremento en E con la adición de 0.05% de NPG. Sin embargo, notó una disminución en el módulo de elasticidad con dosificaciones mayores de NPG (>0.1%), atribuido a la aglomeración de partículas y la reducción en la trabajabilidad de la mezcla, lo cual podría explicar la leve disminución en el módulo de elasticidad observada en las mezclas con 0.10% y 0.15% de NPG en el presente estudio.

Al comparar con la investigación de Bazalar y Cadenillas [7], quienes evaluaron la sustitución de agregados naturales por agregados reciclados, se notó una disminución en el módulo de elasticidad (E) conforme aumentaba el porcentaje de agregado reciclado. Esta tendencia no se observó en el presente estudio con la adición de NPG, lo que sugiere que las

nanoplaquetas podrían estar mitigando los efectos adversos de los agregados reciclados en la rigidez del concreto.

Los hallazgos del presente estudio también se alinean con las normativas ASTM C-469 y E0.60, donde los valores obtenidos para E están en concordancia con los estimados por las ecuaciones proporcionadas por estas normativas, lo que indica que las mezclas de concreto reciclado con NPG están dentro de los rangos aceptables de módulo de elasticidad para el f_c especificado.

Ensayo de coeficiente de Poisson

Es importante destacar que no se encuentra mucha información sobre el coeficiente de Poisson en concretos reforzados con nanomateriales, lo que hace difícil establecer comparaciones directas con otros estudios. Sin embargo, algunos trabajos han señalado que las nanoplaquetas de grafeno pueden influir en las propiedades del concreto debido a sus características únicas, tales como su estructura planar y su notable resistencia Ge et al. [33]; Patrino A. et al., [22].

El coeficiente de Poisson, que establece la relación entre la deformación lateral y longitudinal bajo una carga uniaxial, es una propiedad material extensamente utilizada en análisis y diseño ingenieril, para el concreto convencional, el coeficiente de Poisson típicamente varía entre 0,15 a 0,25 [34].

En este estudio, se observa una variación en el coeficiente de Poisson con la adición de nanoplaquetas de grafeno, lo que podría ser atribuido a la interacción entre las nanoplaquetas de grafeno y agregados reciclados en el concreto. Sin embargo, se requiere de más investigación para entender completamente cómo las nanoplaquetas de grafeno afectan el coeficiente de Poisson en concretos reciclados.

Ensayo de Resistencia a los sulfatos

Los resultados adquiridos en este estudio exhiben una variación en el cambio de longitud de las barras de mortero expuestas a ataques de sulfatos en diferentes composiciones de concreto: CP, CPR, CPR+0.05%NPG, CPR+0.10%NPG y CPR+0.15%NPG. Se presume que estas variaciones son atribuidas a la incorporación de nanoplaquetas de grafeno (NPG) en el concreto reciclado.

La adición de nanomateriales como las nanoplaquetas de grafeno ha sido reconocida por tener un impacto significativo en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto y

mortero. Diversos estudios han explorado la resistencia al ataque de sulfatos en morteros y concretos modificados con grafeno o nanoplaquetas de grafeno. Por ejemplo, un estudio investigó la resistencia a la corrosión de los materiales a base de cemento modificados con óxido de grafeno frente a los sulfatos, lo cual es relevante para comprender cómo la incorporación de NPG puede influir en la resistencia al ataque de sulfatos en las barras de mortero.

Se ha demostrado que la adición de nanoplaquetas de grafeno mejora las propiedades mecánicas del mortero de cemento, incluyendo la resistencia a la compresión y la flexión. Esta mejora en las propiedades mecánicas sugiere que la presencia de NPG puede contribuir a una mayor resistencia al ataque de sulfatos.

Además, algunas investigaciones indican que la adición de NPG puede mejorar la resistencia al ácido y la durabilidad del mortero de cemento, lo cual es crucial para resistir los ataques de sulfatos. La dosificación de grafeno también ha demostrado tener un impacto en la durabilidad, así como en las propiedades mecánicas y microestructurales del concreto y mortero, lo cual se alinea con los hallazgos de este estudio respecto a las variaciones en el cambio de longitud con diferentes concentraciones de NPG.

Es plausible que la incorporación de NPG en el concreto reciclado haya alterado la microestructura del material, mejorando su resistencia al ataque de sulfatos. Los cambios observados en la longitud de las barras de mortero podrían estar relacionados con la mejora en la resistencia a la corrosión y la durabilidad impartida por las NPG, así como posiblemente con modificaciones en la estructura cristalina del concreto reciclado. La dosificación de NPG emerge como un factor crítico que puede influir en la eficacia de la resistencia al ataque de sulfatos, lo cual es evidenciado por las variaciones en el cambio de longitud con diferentes concentraciones de NPG.

Comparación de costo por m³ de concreto.

La evaluación económica y de desempeño entre el concreto convencional, el concreto reciclado y el concreto reciclado adicionado con nanoplaquetas de grafeno revela una dinámica interesante en la búsqueda de alternativas de construcción sostenibles y eficaces.

Al intentar una alternativa más ecológica, el uso de agregados reciclados resultó en una disminución del costo. Sin embargo, los ensayos revelaron que el desempeño del concreto reciclado fue significativamente inferior en comparación con las otras dos formulaciones, lo que indica una compensación entre la economía y la calidad.

Por otro lado, al adicionar nanoplaquetas de grafeno al 0.05% respecto al peso del cemento en el concreto reciclado, el costo se incrementó notablemente. A pesar de este aumento en el costo, los ensayos demostraron que el desempeño del concreto reciclado adicionado con grafeno fue ligeramente superior al concreto convencional, lo que sugiere que la adición de nanoplaquetas de grafeno puede compensar las deficiencias inherentes del concreto reciclado, aunque a un costo más elevado.

En conclusión, la búsqueda de alternativas sostenibles y económicamente viables en la producción de concreto presenta un desafío significativo. El concreto reciclado, aunque más económico, mostró un desempeño inferior, lo que podría limitar su aplicación en proyectos que requieran altos estándares de calidad y durabilidad. Por otro lado, el concreto reciclado adicionado con nanoplaquetas de grafeno, aunque más costoso, ofrece un desempeño competitivo en comparación con el concreto convencional. Sin embargo, la justificación del costo adicional requerirá una evaluación detallada de los beneficios a largo plazo, como una mayor durabilidad y menor mantenimiento, en comparación con los costos iniciales más altos. También sería prudente considerar la sostenibilidad y el impacto ambiental en la elección de los materiales de construcción, para obtener una visión más completa y hacer una elección informada en la selección de materiales.

Propuesta de especificación técnica para el proceso constructivo del concreto reciclado adicionado de nanoplaquetas de grafeno.

La implementación de nanoplaquetas de grafeno en concreto reciclado promete una revolución en la industria de la construcción al ofrecer materiales con propiedades mecánicas y de durabilidad mejoradas. Sin embargo, la especificación técnica desarrollada revela varios desafíos y consideraciones críticas que necesitan una deliberación cuidadosa.

El tiempo necesario para la dispersión adecuada de las nanoplaquetas de grafeno es considerable. Una hora de dispersión por cada pequeña cantidad de concreto es un factor que puede ampliar los tiempos de producción notablemente, especialmente en proyectos de gran envergadura. Este tiempo adicional podría traducirse en plazos de entrega extendidos y, por ende, costos elevados.

Las máquinas de dispersión actuales poseen limitaciones en cuanto a volumen, lo que dificulta la producción de grandes volúmenes de concreto reforzado con grafeno. Además, las máquinas de mayor capacidad son notablemente costosas, lo que podría disuadir la adopción de esta tecnología en proyectos con presupuestos limitados.

La relación de dispersión de grafeno y agua de 1 a 200 resulta en un proceso costoso, especialmente cuando se compara con la producción de concreto convencional. Esta diferencia de costos podría ser un obstáculo significativo para la adopción de la tecnología, a menos que los beneficios en términos de desempeño del material o durabilidad lo justifiquen ampliamente.

La falta de normativas específicas que guíen la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en concreto reciclado también es un área de consentimiento. Esto puede resultar en una adopción lenta o de resistencia por parte de las partes interesadas en la industria de la construcción.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados en los agregados finos proporcionan un conocimiento valioso sobre las propiedades fundamentales y el comportamiento de estos materiales, tanto en su forma natural como reciclada. Se observó que los agregados finos reciclados presentan una mayor absorción y un peso específico ligeramente menor en comparación con los agregados finos naturales. Estas diferencias pueden ser atribuidas a la porosidad inherente y al mortero residual adherido presente en los agregados reciclados. Aunque estas características pueden presentar desafíos en términos de dosificación y trabajabilidad del concreto, también ofrecen oportunidades para la optimización de la mezcla y la promoción de la reutilización de materiales, contribuyendo así a la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Los ensayos realizados en los agregados gruesos revelan diferencias significativas entre los materiales reciclados y naturales. Los agregados gruesos reciclados mostraron una resistencia al desgaste menor del 26% frente a los 14% del natural y una absorción más alta de 6.20% en comparación con los agregados naturales del 1.5%. Sin embargo, estas diferencias no descalifican la utilización de agregados reciclados en aplicaciones de concreto.

En el ensayo de asentamiento, se observó una disminución de la consistencia con el incremento en la dosificación de nanoplaquetas de grafeno (NPG), lo cual sugiere una interacción favorable entre los agregados reciclados y las NPG a dosis bajas; sin embargo, la adición de NPG aumentó la consistencia del concreto en comparación con el patrón reciclado. Esto resalta la importancia de considerar la naturaleza de los agregados y la dosificación de nanomateriales al diseñar mezclas de concreto.

En cuanto a la resistencia a la compresión, los resultados mostraron que el concreto reciclado con una adición de 0,05% de NPG obtuvo la mayor resistencia con 28 días de curado, siendo en la relación a/c 0.46, 352.22 kgf/cm² para el CP, 289.40 kgf/cm² para el CPR y 359.11 kgf/cm² para el CPR+0.05%NPG. Y en la relación a/c 0.53, 298.12 kgf/cm² para el CP, 238.09 kgf/cm² para el CPR y 304.04 kgf/cm² para el CPR+0.05%NPG, superando al concreto patrón en un 1.96% para la relación a/c 0.46 y en 1.99% para a/c 0.53. Este resultado es consistente con investigaciones previas que destacan la capacidad de las nanoplaquetas de grafeno para mejorar la microestructura del concreto, lo que contribuye a una mayor resistencia a la compresión.

En el ensayo de resistencia a la abrasión, las mezclas con adición de NPG mostraron un menor desgaste en comparación con el concreto patrón y el concreto patrón reciclado, lo que sugiere una mejora significativa en la durabilidad del concreto reciclado. Específicamente, la mezcla con 0,05% de NPG exhibió la menor pérdida de masa, siendo 0.03% para a/c 0.46 y 0.05% para a/c 0.53 frente al CP que fue 0.04% para a/c 0.46 y 0.06% para a/c 0.53 lo que es indicativo de una resistencia a la abrasión mejorada.

Respecto al ensayo de profundidad de penetración del agua bajo presión, los datos revelaron una disminución en la penetración del agua con adición de NPG, siendo menor la adición de 0.05% NPG obteniendo una penetración de 16.32mm y 35.10mm frente a 19.24mm y 40.08 mm para a/c 0.46 y 0.53 respectivamente, lo cual apoya la idea de que las nanoplaquetas de grafeno pueden mejorar la resistencia al agua.

En el ensayo del módulo de elasticidad, se evidenció una mejora en el módulo de elasticidad con la adición de 0,05% de NPG, siendo 29.06 GPa y 25.97 GPa, superando al patrón que resultó de 28.57 GPa y 25.65 GPa para a/c 0.46 y 0.53 respectivamente, lo que sugiere que las nanoplaquetas podrían estar mitigando los efectos adversos de los agregados reciclados en la rigidez del concreto.

En cuanto al coeficiente de Poisson, aunque los resultados variaron, la adición de NPG mostró cierta influencia en esta propiedad del concreto, lo que requiere una exploración adicional para entender completamente cómo las nanoplaquetas de grafeno afectan este coeficiente en concretos reciclados.

Los resultados obtenidos en la resistencia al ataque de sulfatos, se observaron diferentes comportamientos en el cambio de longitud de las barras de mortero con distintas concentraciones de NPG, siendo la adición de 0.05% NPG la que menor cambio de longitud presentó, siendo 0.039%, 0.050% frente al patrón de 0.044%, 0.054% para las relaciones a/c 0.46 y 0.53 respectivamente.

Los análisis de costos determinan que a la fecha el uso de nanoplaquetas de grafeno no es viable económicamente a pesar de que los agregados reciclados son más económicos que los agregados naturales, ya que determinaron que para hacer 1 m³ de concreto patrón se requiere de S/ 387.13, S/ 341.66 y para la adición 0.05% NPG cuesta S/592.17 y, S/505.59, para las relaciones a/c 0.46 y 0.53 respectivamente.

La especificación técnica detallada para el proceso constructivo utilizando concreto reciclado reforzado con nanoplaquetas de grafeno pone de manifiesto la complejidad y los

desafíos asociados con la incorporación de nanotecnología en la industria de la construcción. A pesar de las ventajas significativas que las nanoplaquetas de grafeno pueden ofrecer en términos de mejora de las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto reciclado, hay obstáculos prácticos y económicos considerables que deben abordarse.

Uno de los desafíos primordiales es el tiempo de dispersión requerido para asegurar una distribución homogénea de las nanoplaquetas de grafeno en la mezcla de concreto. La necesidad de dispersar el grafeno durante al menos una hora, junto con las limitaciones de volumen de las máquinas de dispersión disponibles, presenta desafíos logísticos significativos, especialmente en proyectos de gran envergadura que requieren cientos de metros cúbicos de concreto. La relación de dispersión de 1 gramo de nanoplaquetas de grafeno por 200 ml de agua también contribuye a la complejidad y los costos asociados, haciendo que el proceso sea mucho más costoso en comparación con la preparación y puesta en obra del concreto convencional.

En general, los hallazgos de esta investigación subrayan la factibilidad y el potencial de las nanoplaquetas de grafeno como un aditivo eficaz para mejorar diversas propiedades del concreto reciclado lo cual da por validada la hipótesis planteada en la presente investigación, ya que la adición de nanoplaquetas de grafeno en el concreto reciclado, sí mejora las propiedades de este. Esto abre nuevas perspectivas para el desarrollo de soluciones de construcción más sostenibles.

Recomendaciones

Se recomienda realizar más ensayos a los agregados reciclados para explorar más fondo las propiedades de estos y determinar cómo varían con el tiempo en comparación con los agregados naturales.

Se recomienda fomentar la educación y la divulgación sobre los beneficios y desafíos de usar agregados reciclados en la industria de la construcción, para promover su adopción y mejorar las prácticas de reciclaje.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales y desarrollo de tecnologías que puedan optimizar el proceso de dispersión de nanoplaquetas de grafeno, o bien, explorar alternativas que permitan una incorporación más eficiente y económica del grafeno en el concreto reciclado. También sería beneficioso investigar la posibilidad de desarrollar equipos de dispersión de mayor capacidad y menor costo, o técnicas de dispersión alternativas que puedan reducir el tiempo y los costos asociados.

Se recomienda realizar más estudios comparando diversas relaciones agua-cemento adicionando nanoplaquetas de grafeno al concreto reciclado en porcentajes menores al 0.05% para evaluar si al disminuir este porcentaje mejora aún más las propiedades del concreto.

Se recomienda realizar más ensayos al concreto y concreto reciclado, adicionados de nanoplaquetas de grafeno, y plantear nuevas fórmulas de diseño de concreto armado debido a que estos nanomateriales aportan mejoras en las propiedades al concreto.

Se recomienda investigar más aplicaciones de las nanoplaquetas de grafeno en la industria de la construcción, como la adición en mezclas asfálticas.

Referencias

- [1] C. M. E. P. E. D. S. WBCSD, “Iniciativa por la sostenibilidad del cemento ,” ESPAÑA, 2009.
- [2] R. V. Silva, R. Neves, J. de Brito, and R. K. Dhir, “Carbonation behaviour of recycled aggregate concrete,” *Cem Concr Compos*, vol. 62, pp. 22–32, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2015.04.017.
- [3] C. S. Nanya, F. G. da S. Ferreira, and V. M. da S. Capuzzo, “Mechanical and Durability Properties of Recycled Aggregate Concrete,” *Matéria (Rio de Janeiro)*, vol. 26, no. 4, 2021, doi: 10.1590/s1517-707620210004.1373.
- [4] M. Wijayasundara, P. Mendis, and R. H. Crawford, “Integrated assessment of the use of recycled concrete aggregate replacing natural aggregate in structural concrete,” *J Clean Prod*, vol. 174, pp. 591–604, Feb. 2018, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2017.10.301.
- [5] M. Limbachiya, M. S. Meddah, and Y. Ouchagour, “Use of recycled concrete aggregate in fly-ash concrete,” *Constr Build Mater*, Sep. 2011, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.07.023.
- [6] J. VM, “Reciclaje de residuos en la construcción civil: Contribución a la metodología de investigación y desarrollo,” Tesis de Doctorado en Ciencias, Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, Brasil, 2000.
- [7] L. R. Bazalar La Puerta and M. A. J. Cadenillas Calderón, “Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aporricadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental,” Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, 2019. Accessed: Aug. 08, 2022. [Online]. Available: Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10757/628103>
- [8] Ministerio del Ambiente, “Informe anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales en el Perú Gestión 2012,” Perú, 2012.
- [9] M. I. Galán Fiestas and M. A. Nieto Jaimes, “Propuesta de mejora de la permeabilidad del concreto expuesto a sulfatos mediante el uso de los nanotubos de carbono para obras portuarias, en la provincia constitucional del Callao, Perú,” Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas , Perú, 2021. Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10757/654812>

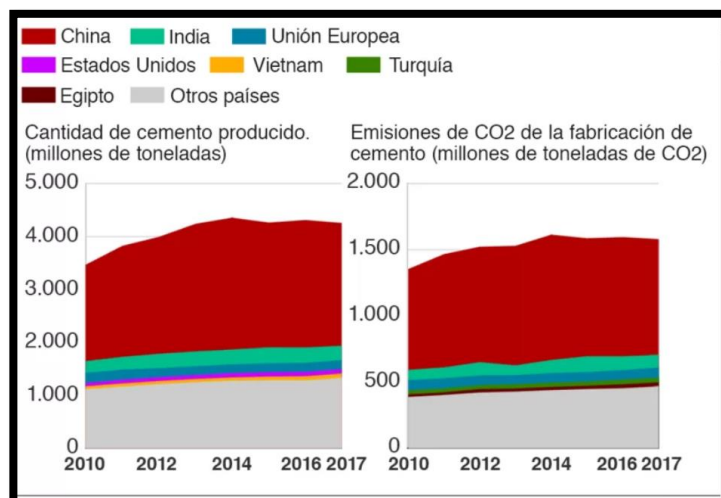
- [10] R. Berenguer *et al.*, “Verificação de penetração de cloretos em corpos de prova parcialmente imersos em água do mar em Recife, Pernambuco,” *Revista ALCONPAT*, vol. 8, no. 2, pp. 108–122, Apr. 2018, doi: 10.21041/ra.v8i2.195.
- [11] F. T. Olorunsogo and N. Padayachee, “Performance of recycled aggregate concrete monitored by durability indexes,” *Cem Concr Res*, vol. 32, no. 2, pp. 179–185, Feb. 2002, doi: 10.1016/S0008-8846(01)00653-6.
- [12] S. Chiranjikumari Devi and R. Ahmad Khan, “Influence of graphene oxide on sulfate attack and carbonation of concrete containing recycled concrete aggregate,” *Constr Build Mater*, vol. 250, p. 118883, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118883.
- [13] S. C. Devi and R. A. Khan, “Compressive strength and durability behavior of graphene oxide reinforced concrete composites containing recycled concrete aggregate,” *Journal of Building Engineering*, vol. 32, p. 101800, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.job.2020.101800.
- [14] H. Ccopa Mamani, “Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto,” Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano, Perú, 2017. Accessed: Oct. 10, 2022. [Online]. Available: Repositorio institucional. https://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=110908
- [15] A. Gutara, “El Grafeno y sus posibilidades de impacto en la industria minera,” Lima: CEPLAN, 2012.
- [16] S. Chuah, Z. Pan, J. G. Sanjayan, C. M. Wang, and W. H. Duan, “Nano reinforced cement and concrete composites and new perspective from graphene oxide,” *Constr Build Mater*, vol. 73, pp. 113–124, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.040.
- [17] E. Pasquel Carbajal, *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, 1998.
- [18] E. Rivva López, *Naturaleza y Materiales del Concreto*, Primera Edición. Perú: ACI PERÚ, 2000.
- [19] E. Rivva López, *Diseño de Mezclas*, 4th ed. Miraflores-Perú, 2018.
- [20] M. Balestrini Acuña, *Cómo se elabora el proyecto de investigación*. Caracas, 2006.
- [21] N. Hisbani, N. Shafiq, and S. A. Farhan, “The Effect of Incorporating Graphene Nanoplatelets in the Engineering of Cementitious Composites on Compressive and Tensile Strengths for Potential Applications as a Repair Material,” in *The 4th*

- International Electronic Conference on Applied Sciences*, Basel Switzerland: MDPI, Dec. 2023, p. 335. doi: 10.3390/ASEC2023-16579.
- [22] A. I. Patrinoú *et al.*, “Cement Composites with Graphene Nanoplatelets and Recycled Milled Carbon Fibers Dispersed in Air Nanobubble Water,” *Nanomaterials*, vol. 12, no. 16, p. 2786, Aug. 2022, doi: 10.3390/nano12162786.
- [23] F. I. Ismail *et al.*, “Behavioral assessment of graphene nanoplatelets reinforced concrete beams by experimental, statistical, and analytical methods,” *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. e01676, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01676.
- [24] Z. Jiang, O. Sevim, and O. E. Ozbulut, “Mechanical properties of graphene nanoplatelets-reinforced concrete prepared with different dispersion techniques,” *Constr Build Mater*, vol. 303, p. 124472, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124472>.
- [25] V. Á. Apaza Mango and K. M. Quispe Mamani, “Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono,” Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2018. Accessed: Aug. 10, 2022. [Online]. Available: Repositorio institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4772>
- [26] I. Fonseka, D. Mohotti, K. Wijesooriya, C.-K. Lee, and P. Mendis, “Influence of Graphene oxide on abrasion resistance and strength of concrete,” *Constr Build Mater*, vol. 404, p. 133280, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133280>.
- [27] S. Du, Z. Tang, J. Zhong, Y. Ge, and X. Shi, “Effect of admixing graphene oxide on abrasion resistance of ordinary portland cement concrete,” *AIP Adv*, vol. 9, no. 10, p. 105110, Oct. 2019, doi: 10.1063/1.5124388.
- [28] D. Mohotti, P. Mendis, K. Wijesooriya, I. Fonseka, D. Weerasinghe, and C-K. Lee, “Abrasion and Strength of high percentage Graphene Oxide (GO) Incorporated Concrete,” *Electronic Journal of Structural Engineering*, vol. 22, no. 01, pp. 37–43, May 2022, doi: 10.56748/ejse.2233001.
- [29] Y. Lin and H. Du, “Graphene reinforced cement composites: A review,” *Constr Build Mater*, vol. 265, p. 120312, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.120312.

- [30] L. Lavagna, A. Santagati, M. Bartoli, D. Suarez-Riera, and M. Pavese, “Cement-Based Composites Containing Oxidized Graphene Nanoplatelets: Effects on the Mechanical and Electrical Properties,” *Nanomaterials*, vol. 13, no. 5, 2023, doi: 10.3390/nano13050901.
- [31] Y. Zhang, M. Cui, G. Chen, and W. Han, “Experimental study of the effects of graphene nanoplatelets on microstructure and compressive properties of concrete under chloride ion corrosion,” *Constr Build Mater*, vol. 360, p. 129564, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.129564.
- [32] H. Du and S. D. Pang, “Dispersion and stability of graphene nanoplatelet in water and its influence on cement composites,” *Constr Build Mater*, vol. 167, pp. 403–413, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.02.046.
- [33] Z. Ge, J. Qin, R. Sun, Y. Guan, H. Zhang, and Z. Wang, “The Effect of the Addition of Graphene Nanoplatelets on the Selected Properties of Cementitious Composites,” *Front Built Environ*, vol. 7, 2021, doi: 10.3389/fbuil.2021.673346.
- [34] J. Kruger and J.-P. van der Westhuizen, “Investigating the Poisson Ratio of 3D Printed Concrete,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 5, 2023, doi: 10.3390/app13053225.

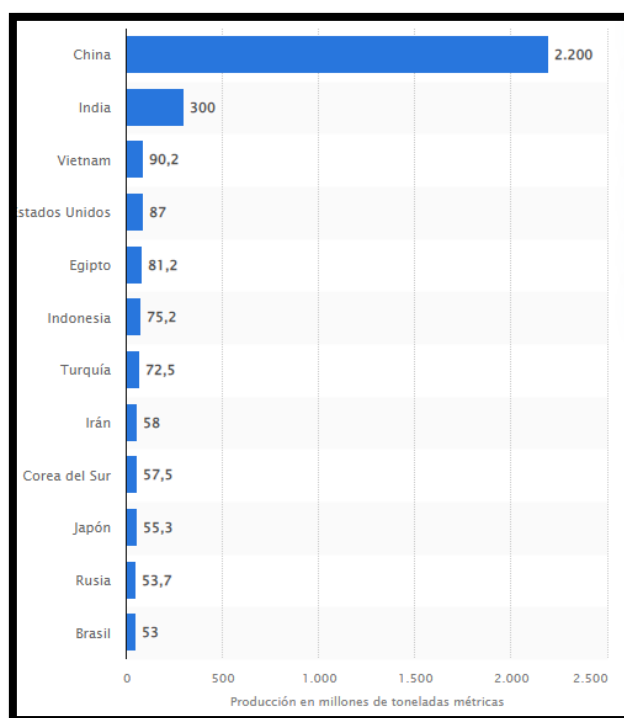
Anexos

Anexo N° 1: Cantidad de cemento producido vs emisiones de CO2 de la fabricación de cemento.



Fuente: PLB Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos

Anexo N° 2: Países líderes en producción de cemento a nivel mundial 2019



Fuente: Extraído de la página web: Statista.

Anexo N° 3: Ficha Técnica del Cemento FORTIMAX-Pacasmayo



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3** Cemento Portland Tipo MS (MH) (R)

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	6	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4210	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.8	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.00	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	20.9 (213)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	29.4 (300)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.5 (403)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	171	Mínimo 45
Fraguado Final	min	298	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días			
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días	%	0.007	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato Edad 6 meses			
Expansión por Sulfato Edad 6 meses	%	0.024	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 Días			
Calor de Hidratación a 7 Días	Kcal/Kg	70	Máximo 70
Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-silice reactivos :			
Expansión a 14 días	%	0.018	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.040	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-17 al 31-08-17.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Julio 2017.
La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Febrero 2017.
El calor de hidratación corresponde al mes de Julio 2017.
Opción R (14 días) corresponde al mes de Junio 2017.
Opción R (56 días) corresponde al mes de Abril 2017.
(*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :


Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.


Anexo N° 4: Tabla de gradación de las muestras de ensayo a la abrasión de los agregados

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,5 mm (¾ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N°4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Anexo N° 5: Granulometría del agregado fino natural



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

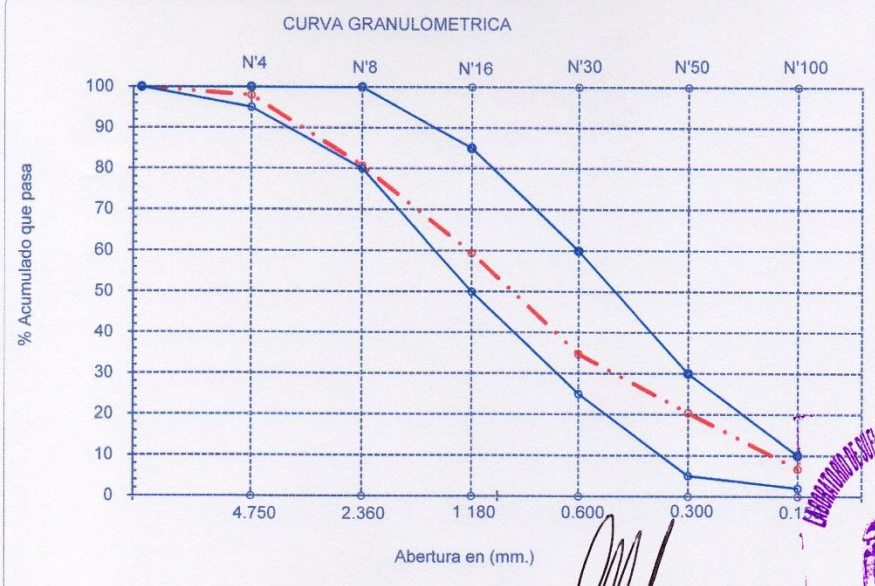
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

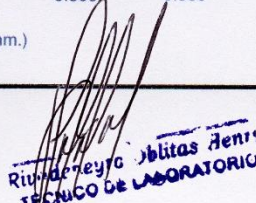
Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo. **P. Inicial H.** **% de Humedad =** 0.76
P. Inicial S. 500.0


Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	10.2	2.0	2.0	98.0	95	100
N° 08	2.360	86.5	17.3	19.3	80.7	80	100
N° 16	1.180	105.7	21.1	40.5	59.5	50	85
N° 30	0.600	124	24.8	65.3	34.7	25	60
N° 50	0.300	71.9	14.4	79.7	20.3	5	30
N° 100	0.150	67.8	13.6	93.2	6.8	2	10
Fondo		33.826	6.8	100.0	0.0		

Módulo de Fineza	3.000
Abertura de malla de referencia	9.500

CURVA GRANULOMETRICA




 Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo N° 6: Granulometría del agregado grueso natural



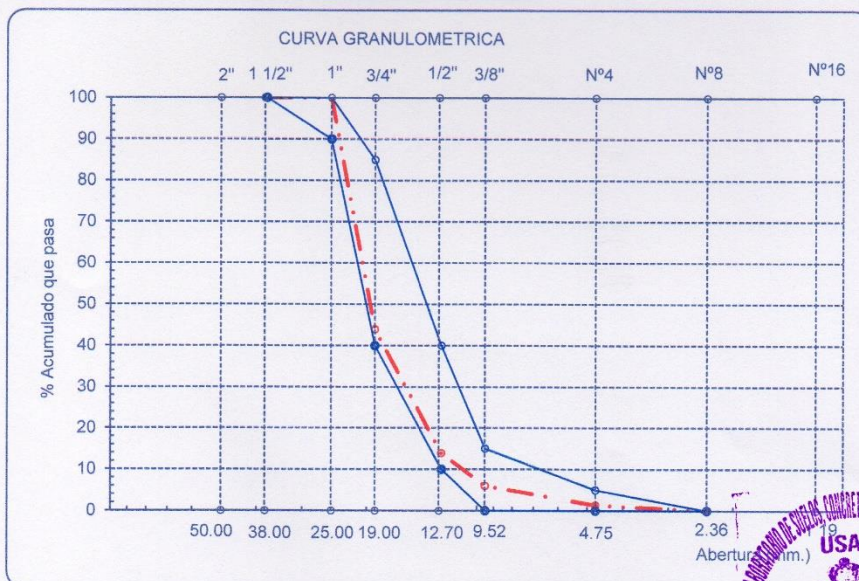
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

Cantera : Piedra de 1/2" La Victoria-Pátapo **P. Inicial H.** 0 **% de Humedad =** 0.42
P. Inicial S. 11559

Malla	Peso Ret.	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	Especificaciones	
						USO 56	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.00	6485.0	56.1	56.1	43.9	40.0	85.0
1/2"	12.50	3462.0	30.0	86.1	13.9	10.0	40.0
3/8"	9.50	921.0	8.0	94.0	6.0	0.0	15.0
Nº 04	4.75	535.0	4.6	98.7	1.3	0.0	5.0
Nº 08	2.36	156.0	1.3	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo		1"		38.00			
Tamaño Máximo Nominal		3/4"		25.00			



Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 7: Granulometría del agregado fino reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

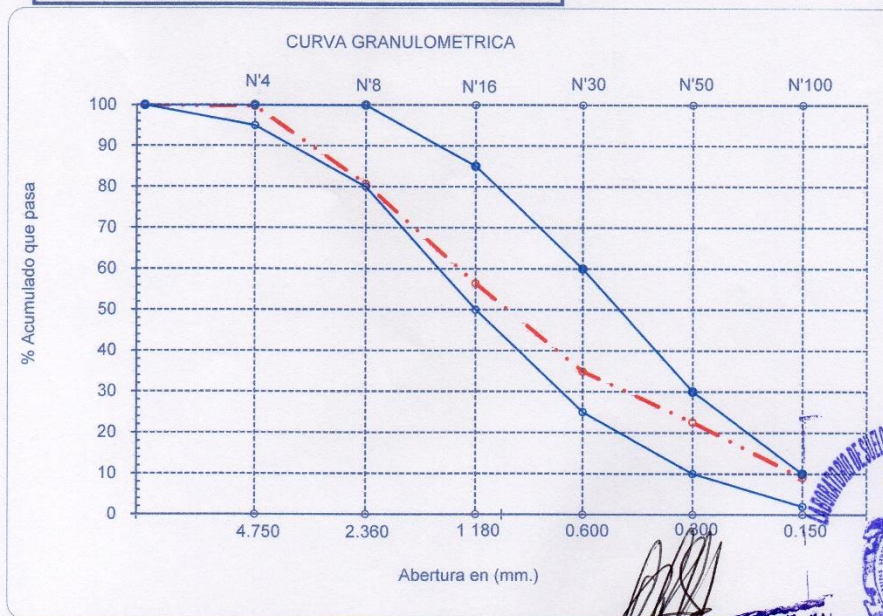


Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Arena de concreto reciclado
P. Inicial H. : 500.0
P. Inicial S. : 500.0
% de Humedad = 0.76

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	1.5	0.3	0.3	99.7	95	100
Nº 08	2.360	95	19.0	19.3	80.7	80	100
Nº 16	1.180	121.4	24.3	43.6	56.4	50	85
Nº 30	0.600	107.5	21.5	65.1	34.9	25	60
Nº 50	0.300	61.7	12.3	77.4	22.6	10	30
Nº 100	0.150	67.8	13.6	91.0	9.0	2	10
Nº 200	0.075	15.6	3.1	94.1	5.9	2	10
Fondo		29.5	5.9	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.967			
Abertura de malla de referencia				9.500			



Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO
 USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo N° 8: Granulometría del agregado grueso reciclado



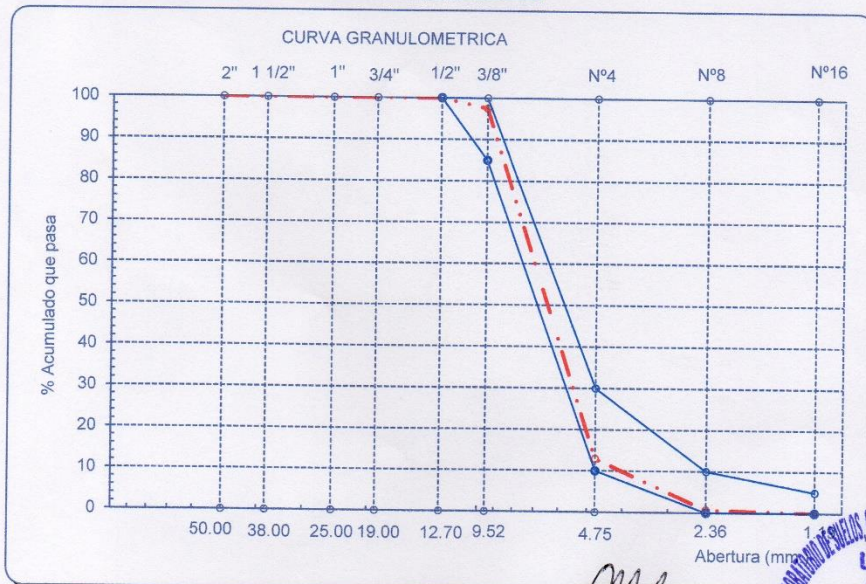
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Piedra de concreto reciclado **P. Inicial H.** 0 **% de Humedad =** 0.25
P. Inicial S. 6814


Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)					USO 8	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	173.0	2.5	2.5	97.5	85.0	100.0
Nº 04	4.75	5763.4	84.6	87.1	12.9	10.0	30.0
Nº 08	2.36	831.4	12.2	99.3	0.7	0.0	10.0
Nº 16	1.19	45.7	0.7	100.0	0.0	0.0	5.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Maximo		1/2"		38.00			
Tamaño Maximo Nominal		3/8"		25.00			




Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 9: Contenido de humedad del agregado fino y grueso natural



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1189	1189
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.93	0.93
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.93	


Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra de 1/2" - La Victoria-Pátapo

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1195	1195
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.42	

Observaciones :



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo N° 10: Contenido de humedad del agregado fino y grueso reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Arena de concreto reciclado

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1191	1191
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.76	0.76
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.76	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra de concreto reciclado

I.- Datos



A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1197	1197
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.25	

Observaciones :



Anexo N° 11: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado fino natural

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Escuela Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo Peso unitario del agregado fino
Referencia Norma ASTM C-29 ó N.T.P 400.017

Canetra Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8085	8043
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8085	8043
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1407	1399
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1392	


2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9773	9753
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9773	9753
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1700	1697
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1686	

Ensayo Contenido de humedad del agregado fino
Referencia Norma ASTM C-535 ó N.T.P 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1191	1191.0
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.8	0.8
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.93	





 Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO

USAT
 LABORATORIO

Anexo N° 12: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado grueso natural

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Piedra de 1/2" - La Victoria-Pátapo

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10914	10904
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		10914	10904
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00889	0.00889
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1228	1227
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1222	


B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	11384	11374
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		11384.0	11374.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00889	0.00889
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1281	1280
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1275	


Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD


A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1195	1195
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.42	


USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo N° 13: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado fino reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Arena de concreto reciclado

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7723	7683
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7723	7683
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1344	1337
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1330	


2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8723	8743
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8723	8743
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1518	1521
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1508	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD



A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1191	1191.0
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.8	0.8
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.76	



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo N° 14: Peso unitario suelto, peso unitario compactado y contenido de humedad del agregado grueso reciclado

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Piedra de concreto reciclado

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7347	7282
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7347	7282
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1278	1267
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1269	


B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7532	7541
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7532.0	7541.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00575	0.00575
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1310	1312
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1308	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1200	1200
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1197	1197
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.25	



Anexo N° 15: Peso específico y absorción del agregado fino y grueso natural



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	300.0	300.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasc	(g)	970.5	975.2
3.- Peso de la Muest. + Peso del agua en el frasco	(g)	856.3	861.5
4.- Peso del Frasco+ Peso del agua	(g)	670.5	675.2
5.- Vol. Masa + Vol. Vacíos	(g)	114.2	113.7
6.- Vol. Masa	(g)	111	112
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	297.24	298.26

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.613
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.633
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.666
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Piedra de 1/2" - La Victoria-Pátapo

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1539	1670
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1562	1695
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del cai	(g)	955	1038
4.- Peso de la canastilla	(g)	0	0
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	955	1038

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.540
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.578
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.640
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.50



Anexo N° 16: Peso específico y absorción del agregado fino y grueso reciclado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Arena de concreto reciclado

I.- Datos.

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	300.0	300.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	981.5	984.8
3.- Peso de la Muest. + Peso del agua en el frasco	(g)	848.5	852.1
4.- Peso del Frasco+ Peso del agua	(g)	681.5	684.8
5.- Vol. Masa + Vol. Vacíos	(g)	133	132.7
6.- Vol. Masa	(g)	116	115
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	282.5	282.49

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.126
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.258
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.449
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	6.20

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Piedra de concreto reciclado

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1246	1210
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1320	1281
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del cai	(g)	1626	1602
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	746	722

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.167
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.295
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.485
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	5.89



Anexo N° 17: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ $R_{a/c}=0.46$ + 100% Agregados Naturales

DISEÑO DE MEZCLA

Tesista: Ríos Ruiz Luis Fernando
 Ensayo: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
 Referencia: RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño :

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : Piedra de 1/2" - La Victoria-Pátapo

FINO : Cantera La Victoria-Pátapo.

- 01.- Tamaño máximo nominal
 02.- Peso Unitario suelto seco
 03.- Peso Unitario compactado seco
 04.- Peso específico de masa seco
 05.- Contenido de humedad
 06.- Contenido de absorción
 11.- Módulo de fineza (adimensional)

3/4"	-----	pulg.
1222	1392	kg/m ³
1275	1686	kg/m ³
2540	2613	kg/m ³
0.42	0.93	%
1.50	0.76	%
-----	3.000	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
 13.- Contenido de aire atrapado
 14.- Relación agua cemento
 15.- Asentamiento
 16.- Volumen unitario del agua
 17.- Volumen del agregado grueso
 18.- Peso específico del cemento
 19.- Aditivo
 20.- Densidad aparente del aditivo

f'_{cr}	364	kg/cm ²
	2	%
$R_{a/c}$	0.46	
	3	Pulg.
	205	L/m ³
	0.600	m ³
	3000	kg/m ³
	0.8	%
	1.20	kg/l

: Agua Potable de la Zona.

: Cemento Pórtland Tipo MS

: SIKA-PLASTIFICANTE

: SIKA-PLASTIFICANTE

III.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	446	Kg/m ³	0.149	m ³		
b) Agua	205	Lt/m ³	0.205	m ³		Corrección por humedad
c) Aire	2	%	0.020	m ³		Agua Efectiva
d) Arena	850	Kg/m ³	0.325	m ³	858	1.5
e) Grava	765	Kg/m ³	0.301	m ³	768	-8.3
	2268		1.000	m ³		-6.8

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	446	Kg/m ³	15.348	kg
b) Agua	212	kg/m ³	7.152	Lt
c) Arena	858	Kg/m ³	34.125	kg
d) Grava	768	Kg/m ³	30.351	kg
e) Aditivo	3.57	kg/m ³	0.142	Lt
	2287		90.837	kg

V.) Tanda de ensayo

	0.0397	m ³
$F_{cemento}$	10.5	Bolsas
$R_{a/c}$	0.460	Diseño
$R_{a/c}$	0.475	Obra
Aditivo	3.565	lt/m ³

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso	1.00	1.93	1.72	20.2
Proporción en volumen	1.00	2.06	2.11	20.2

Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 18: Diseño de Mezcla $f'c=280$ kgf/cm² $R_{a/c}=0.46$ + 100% Agregados Reciclados (AR)

DISEÑO DE MEZCLA

Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño : $f'c = 280$ kg/cm²

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : Piedra de concreto reciclado

FINO : Arena de concreto reciclado

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de finiza (adimensional)

3/8"	-----	pulg.
1269	1330	kg/m ³
1308	1508	kg/m ³
2167	2126	kg/m ³
0.25	0.76	%
5.89	6.20	%
-----	2.967	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Aditivo
- 20.- Densidad aparente del aditivo

: Agua Potable de la Zona.

: Cemento Pórtland Tipo MS

: SIKA-PLASTIFICANTE

: SIKA-PLASTIFICANTE

f'_{cr}	364	kg/cm ²
	3	%
$R_{a/c}$	0.46	
	3	Pulg.
	228	L/m ³
	0.443	m ³
	3000	kg/m ³
	0.8	%
	1.200	kg/l

III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	496	Kg/m ³	0.165	m ³		
b) Agua	228	Lt/m ³	0.228	m ³	Corrección por humedad	
c) Aire	3	%	0.030	m ³		Agua Efectiva
d) Arena	657	Kg/m ³	0.309	m ³	662	-36.1
e) Grava	580	Kg/m ³	0.268	m ³	581	-32.8
	1964		1.000	m ³		-68.8

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	496	Kg/m ³		
b) Agua	297	Lt/m ³		
c) Arena	662	Kg/m ³		
d) Grava	581	Kg/m ³		
e) Aditivo	3.97	kg/m ³	0.075	Lt
	2040		38.825	kg

V.) Tanda de ensayo

	0.01903	m ³		0.01655	m ³
$F_{cemento}$	11.7	Bolsas			
$R_{a/c}$	0.460	Diseño			
$R_{a/c}$	0.599	Obra			
Aditivo	3.965	Kg/m ³			

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	1.34	1.17	25.5
Proporción en volumen	1.00	1.50	1.39	25.5

[Firma]
 Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 19: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.53$ + 100% Agregados Naturales (AN)

DISEÑO DE MEZCLA

Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño : $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : Piedra de 1/2" La Victoria-Pátapo

FINO : Cantera La Victoria-Pátapo.

01.- Tamaño máximo nominal	3/4"	-----	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1222	1392	kg/m^3
03.- Peso Unitario compactado seco	1275	1686	kg/m^3
04.- Peso específico de masa seco	2540	2613	kg/m^3
05.- Contenido de humedad	0.42	0.93	%
06.- Contenido de absorción	1.50	0.76	%
11.- Módulo de fineza (adimensional)	-----	3.000	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

12.- Resistencia especificada a los 28 días	f'_{cr}	315	kg/cm^2
13.- Contenido de aire atrapado		2	%
14.- Relación agua cemento	$R_{a/c}$	0.53	
15.- Asentamiento		3	Pulg.
16.- Volumen unitario del agua		205	L/m^3
17.- Volumen del agregado grueso		0.600	m^3
18.- Peso específico del cemento		3000	kg/m^3
19.- Aditivo		0.6	%
20.- Densidad aparente del aditivo		1.200	kg/l

: Agua Potable de la Zona.

: Cemento Pórtland Tipo MS

: SIKA-PLASTIFICANTE

: SIKA-PLASTIFICANTE

III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	388	Kg/m^3	0.129	m^3		
b) Agua	205	Lt/m^3	0.205	m^3	Corrección por humedad	
c) Aire	2	%	0.020	m^3		Agua Efectiva
d) Arena	901	Kg/m^3	0.345	m^3	909	1.5
e) Grava	765	Kg/m^3	0.301	m^3	768	-8.3
	2260		1.000	m^3		-6.7

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	388	Kg/m^3	15.348	kg
b) Agua	212	Lt/m^3	7.152	Lt
c) Arena	909	Kg/m^3	34.125	kg
d) Grava	768	Kg/m^3	30.351	kg
e) Aditivo	2.33	kg/m^3	0.092	Lt
	2279		90.505	kg

V.) Tanda de ensayo

	0.0397	m^3
F_{cemento}	9.1	Bolsas
$R_{a/c}$	0.529	Diseño
$R_{a/c}$	0.546	Obra
Aditivo	2.325	Kg/m^3

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso	1.00	2.35	1.98	23.2	1.938	Lts/m^3
Proporción en volumen	1.00	2.51	2.47	23.2	1.938	Lts

Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 20: Diseño de Mezcla $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{a/c}=0.53$ + 100% Agregados Reciclados (AR)

DISEÑO DE MEZCLA

Tesista : Ríos Ruiz Luis Fernando
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño : $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : Piedra de concreto reciclado

FINO : Arena de concreto reciclado

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de fineza (adimensional)

3/8"	-----	pulg.
1269	1330	kg/m ³
1308	1508	kg/m ³
2167	2126	kg/m ³
0.25	0.76	%
5.89	6.20	%
-----	2.967	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua : Agua Potable de la Zona.
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento : Cemento Pórtland Tipo MS
- 19.- Aditivo : SIKA-PLASTIFICANTE
- 20.- Densidad aparente del aditivo : SIKA-PLASTIFICANTE

f'_{cr}	315	kg/cm ²
$R_{a/c}$	0.53	%
	3	Pulg.
	228	L/m ³
	0.443	m ³
	3000	kg/m ³
	0.6	%
	1.200	kg/l

III.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	430	Kg/m ³	0.143	m ³		
b) Agua	228	Lt/m ³	0.228	m ³		
c) Aire	3	%	0.030	m ³		
d) Arena	704	Kg/m ³	0.331	m ³	709	-38.6
e) Grava	580	Kg/m ³	0.268	m ³	581	-32.8
	1945		1.000	m ³		-71.4

Corrección por humedad
Agua Efectiva

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	430	Kg/m ³	5.696	kg	F_{cemento}	10.1	Bolsas
b) Agua	299	Lt/m ³	3.975	Lt	$R_{a/c}$	0.530	Diseño
c) Arena	709	Kg/m ³	9.581	kg	$R_{a/c}$	0.696	Obra
d) Grava	581	Kg/m ³	7.696	kg	Aditivo	2.581	Kg/m ³
e) Aditivo	2.58	kg/m ³	0.028	Lt			
	2023		26.780	kg			

V.) Tarda de ensayo

0.01324 m³

0.01103 m³

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	1.65	1.35	29.6	2.151	Lts/m ³
Proporción en volumen :	1.00	1.85	1.59	29.6	2.151	Lts/Pie ³

Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 21: *Ensayo de Slump*

Figura N° 9: Slump 3.5''
- $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 0%AR
- 0%NG.



Figura N° 10: Slump 2.5''
- $f'c$ 280 - a/c 0.46 -
100%AR - 0%NG.



Figura N° 11: Slump 4'' -
 $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR
- 0.05%NG.



Figura N° 12: Slump
3.5'' - $f'c$ 280 - a/c 0.46 -
100%AR - 0.10%NG.



Figura N° 13: Slump 3'' -
 $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR
- 0.15%NG.



Figura N° 14: Slump 3'' -
 $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 0%AR -
0%NG.



Figura N° 15: Slump 4'' -
 $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR
- 0%NG.



Figura N° 16: Slump 4'' -
 $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 0%AR -
0.05%NG.



Figura N° 17: Slump 4'' -
 $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR
- 0.10%NG.



*Figura N° 18: Slump 4" -
f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR
– 0.15%NG.*

Anexo N° 22: Ensayo de Resistencia a la compresión

Relación agua /cemento= 0.46



*Figura N° 19: P01 - f'c 280 – a/c 0.46 -
0%AR – 0%NG.*

7 días



*Figura N° 20: P02 - f'c 280 –
a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.*

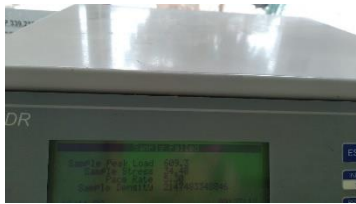


Figura N° 21: P03 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 0%AR - 0%NG.

28 días



Figura N° 22: P04 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 0%AR - 0%NG.





Figura N° 23: P05 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0%NG.

7 días



Figura N° 24: P06 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0%NG.

  <p><i>Figura N° 25: P07 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0%NG.</i></p>	<p>28 días</p>	  <p><i>Figura N° 26: P08 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0%NG.</i></p>
--	----------------	---

  <p><i>Figura N° 27: P09 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0.05%NG.</i></p>	<p>7 días</p>	  <p><i>Figura N° 28: P10 - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0.05%NG.</i></p>
---	---------------	---











*Figura N° 29: P11 - f'_c 280 - a/c
0.46 - 100%AR - 0.05%NG.*

28 días







*Figura N° 30: P12 - f'_c 280 - a/c
0.46 - 100%AR - 0.05%NG.*

  <p><i>Figura N° 31: P13 - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.</i></p>	<p>7 días</p>	  <p><i>Figura N° 32: P14 - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.</i></p>
  <p><i>Figura N° 33: P15 - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.</i></p>	<p>28 días</p>	  <p><i>Figura N° 34: P16 - f'c 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.</i></p>

  <p><i>Figura N° 35: P17 - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>	<p>7 días</p>	  <p><i>Figura N° 36: P18 - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>
  <p><i>Figura N° 37: P19 - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>	<p>28 días</p>	  <p><i>Figura N° 38: P20 - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>

Relación agua/cemento= 0.53

 <p><i>Figura N° 39: P01 - f'c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.</i></p>	<p>7 días</p>	 <p><i>Figura N° 40: P02 - f'c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.</i></p>
<p><i>Figura N° 41: P03 - f'c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.</i></p>	<p>28</p>	<p><i>Figura N° 42: P04 - f'c 280 – a/c 0.53 - 0%AR – 0%NG.</i></p>
 <p><i>Figura N° 43: P01 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.</i></p>	<p>7 días</p>	 <p><i>Figura N° 44: P02 - f'c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.</i></p>



*Figura N° 45: P03 - f'_c 280 - a/c
0.53 - 100%AR - 0%NG.*

28 días



*Figura N° 46: P04 - f'_c 280 - a/c
0.53 - 100%AR - 0%NG.*

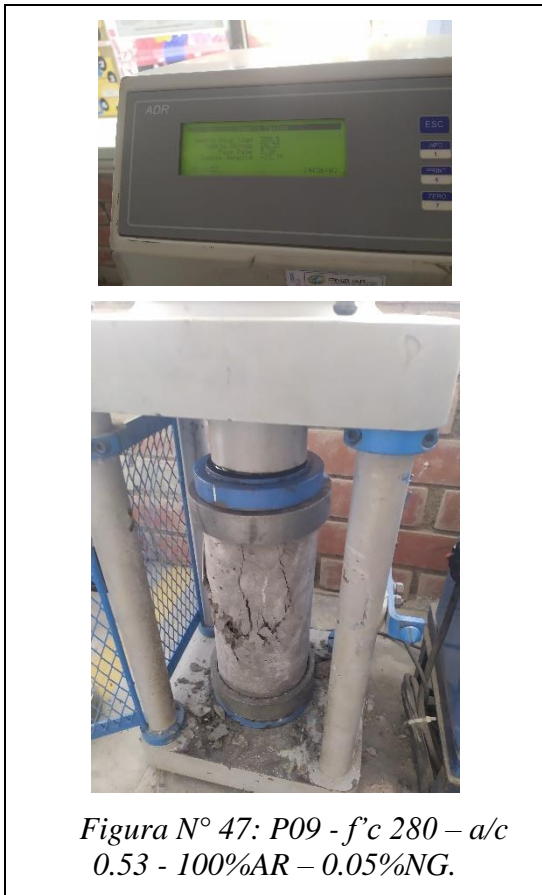


Figura N° 47: P09 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.05%NG.

7 días

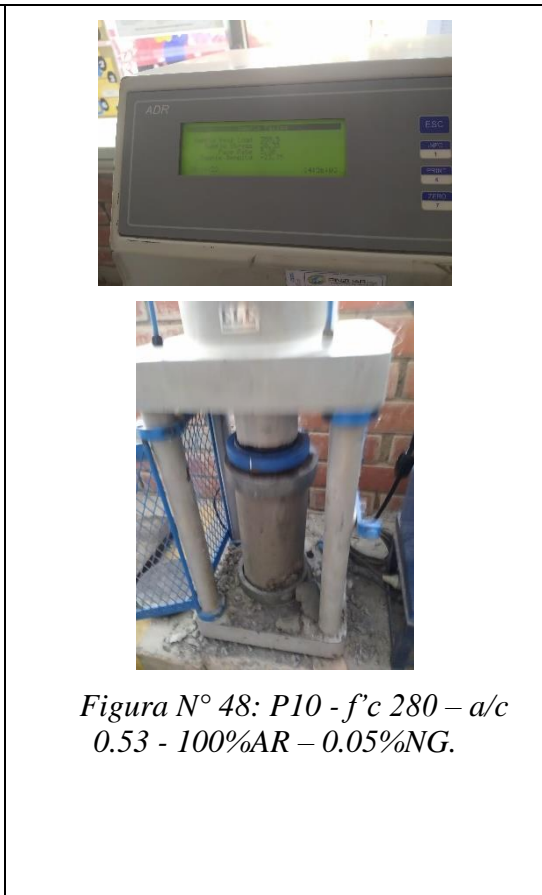


Figura N° 48: P10 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.05%NG.

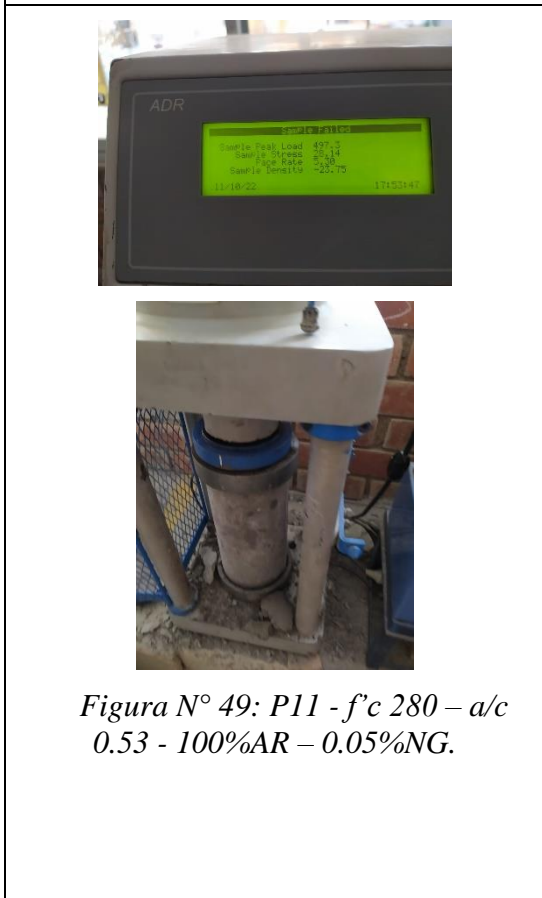


Figura N° 49: P11 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.05%NG.

28 días



Figura N° 50: P12 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.05%NG.



Figura N° 51: P13 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.10%NG.

7 días



Figura N° 52: P14 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.10%NG.





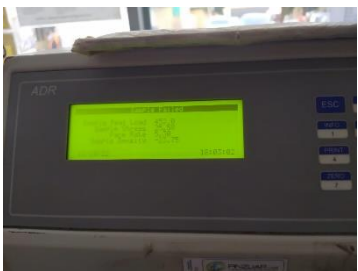





Figura N° 53: P15 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.10%NG.

28 días



Figura N° 54: P16 - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.10%NG.

  <p><i>Figura N° 55: P17 - f^c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>	<p>7 días</p>	  <p><i>Figura N° 56: P18 - f^c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>
  <p><i>Figura N° 57: P19 - f^c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>	<p>28 días</p>	  <p><i>Figura N° 58: P20 - f^c 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.</i></p>

Anexo N° 23: Ensayo de Resistencia a la abrasión

Relación agua cemento=0.46



Figura N° 59: M1-Pinicial - f'c 280 - a/c 0.46 - 0%AR - 0%NG.



Figura N° 60: M1-ciclo1 - f'c 280 - a/c 0.46 - 0%AR - 0%NG.



Figura N° 61: M1-ciclo2 - f'c 280 - a/c 0.46 - 0%AR - 0%NG.

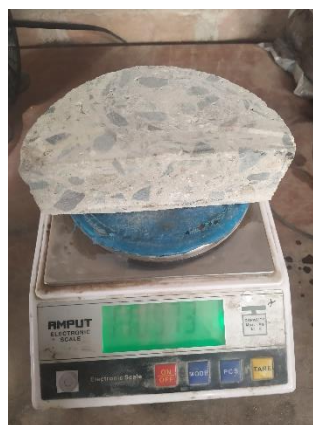


Figura N° 62: M1-ciclo3 - f'c 280 - a/c 0.46 - 0%AR - 0%NG.



*Figura N° 63: M1- Pinicial - f'c 280 –
a/c 0.46 - 100%AR – 0%NG.*



*Figura N° 64: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0%NG.*



*Figura N° 65: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0%NG.*



*Figura N° 66: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0%NG.*



*Figura N° 67: M1- Pinicial - f'c 280 –
a/c 0.46 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 68: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 69: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.05%NG.*

*Figura N° 70: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 71: M1- Pinicial - f'c 280 –
a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.*

*Figura N° 72: M1-ciclo1 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.10%NG.*



*Figura N° 73: M1-ciclo2 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.10%NG.*

*Figura N° 74: M1-ciclo3 - f'c 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.10%NG.*



Figura N° 75: M1- Pinicial - $f'c$ 280 –
a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.



Figura N° 76: M1-ciclo1 - $f'c$ 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.15%NG.



Figura N° 77: M1-ciclo2 - $f'c$ 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.15%NG.



Figura N° 78: M1-ciclo3 - $f'c$ 280 – a/c
0.46 - 100%AR – 0.15%NG.

Relación agua cemento=0.53



Figura N° 79: M1- Pinicial - $f'c$ 280 –
a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.



Figura N° 80: M1-ciclo1 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0%NG.



*Figura N° 81: M1-ciclo2 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0%NG.*



*Figura N° 82: M1-ciclo3 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0%NG.*



*Figura N° 83: M1- Pinicial - $f'c$ 280 –
a/c 0.53 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 84: M1-ciclo1 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 85: M1-ciclo2 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 86: M1-ciclo3 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.05%NG.*



*Figura N° 87: M1- Pinicial - $f'c$ 280 –
a/c 0.53 - 100%AR – 0.10%NG.*



*Figura N° 88: M1-ciclo1 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.10%NG.*



*Figura N° 89: M1-ciclo2 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.10%NG.*



*Figura N° 90: M1-ciclo3 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.10%NG.*



*Figura N° 91: M1- Pinicial - $f'c$ 280 –
a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.*



*Figura N° 92: M1-ciclo1 - $f'c$ 280 – a/c
0.53 - 100%AR – 0.15%NG.*



Figura N° 93: M1-ciclo2 - $f'c$ 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.



Figura N° 94: M1-ciclo3 - $f'c$ 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0.15%NG.

Anexo N° 24: Ensayo de Resistencia a la penetración del agua.



Figura N° 95: P01i - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.



Figura N° 96: P01d - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 0%AR – 0%NG.

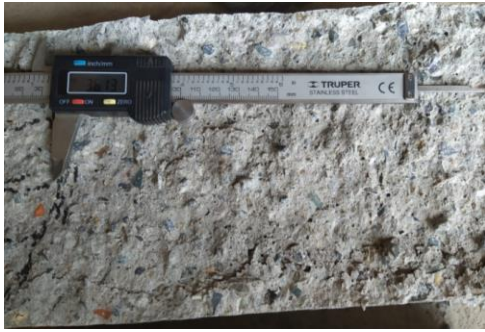


Figura N° 97: P01i - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0%NG.



Figura N° 98: P01d - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0%NG.



Figura N° 99: P01i - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0.05%NG.



Figura N° 100: P01d - $f'c$ 280 - a/c 0.46 - 100%AR - 0.05%NG.



Figura N° 101: P01i - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.



Figura N° 102: P01d - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.10%NG.



Figura N° 103: P01i - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.



Figura N° 104: P01d - $f'c$ 280 – a/c 0.46 - 100%AR – 0.15%NG.



Figura N° 105: P01i - $f'c$ 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.



Figura N° 106: P01d - $f'c$ 280 – a/c 0.53 - 100%AR – 0%NG.



Figura N° 107: P01i - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.05%NG.



Figura N° 108: P01d - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.05%NG.



Figura N° 109: P01i - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.10%NG.



Figura N° 110: P01d - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.10%NG.



Figura N° 111: P01i - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.15%NG.




Figura N° 112: P01d - $f'c$ 280 - a/c 0.53 - 100%AR - 0.15%NG.

Anexo N° 25: Resultados de la Resistencia a la compresión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 2008 / ASTM C-39/39M 05
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	27/10/2022	7	263
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	27/10/2022	7	261
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	17/11/2022	28	352
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	17/11/2022	28	353

OBSERVACIONES
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO


USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 03 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Titulo HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	06/10/2022	13/10/2022	7	190
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	06/10/2022	13/10/2022	7	204
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	06/10/2022	03/11/2022	28	284
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	06/10/2022	03/11/2022	28	295

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 07 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 2008 / ASTM C-39/39M 05
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	10/10/2022	17/10/2022	7	228
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	10/10/2022	17/10/2022	7	230
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	10/10/2022	07/11/2022	28	355
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	10/10/2022	07/11/2022	28	363

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

[Firma manuscrita]
Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
 Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
 Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M 05
 Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	18/10/2022	7	212
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	18/10/2022	7	219
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	08/11/2022	28	346
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	08/11/2022	28	339

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES




Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Código N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	18/10/2022	7	204
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	18/10/2022	7	207
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	08/11/2022	28	322
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.46 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	11/10/2022	08/11/2022	28	331

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
 Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
 Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 2008 / ASTM C-39/39M 05
 Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	27/10/2022	7	229
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	27/10/2022	7	226
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	17/11/2022	28	297
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +0% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	20/10/2022	17/11/2022	28	299

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 09 de Noviembre del 2022

Código N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	12/10/2022	19/10/2022	7	196
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	12/10/2022	19/10/2022	7	217
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	12/10/2022	09/11/2022	28	251
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	12/10/2022	09/11/2022	28	243

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 10 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	20/10/2022	7	199
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	20/10/2022	7	203
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	10/11/2022	28	304
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	10/11/2022	28	304

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Ríos Ruiz Luis Fernando
Ríos Ruiz Luis Fernando
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
 Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
 Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión Chiclayo, 10 de Noviembre del 2022

Código N.T.P 339.034 2008 / ASTM C-39/39M 05
 Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	20/10/2022	7	193
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	20/10/2022	7	195
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	10/11/2022	28	267
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.10% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	13/10/2022	10/11/2022	28	269

OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Ríos Ruiz Luis Fernando
 Atención Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
 Lugar Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Código N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	15/10/2022	22/10/2022	7	172
02	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	15/10/2022	22/10/2022	7	170
03	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	15/10/2022	12/11/2022	28	255
04	CONCRETO 280 kg/cm ² a/c=0.53 +100% DE AGREGADO RECICLADO +0.15% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	15/10/2022	12/11/2022	28	255

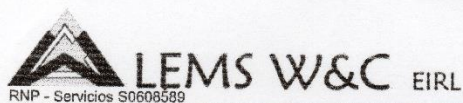
OBSERVACIONES

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

[Firma manuscrita]
 Ríos Ruiz Luis Fernando
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo N° 26: Resultados de la Resistencia a la abrasión



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo -- Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante Ríos Ruiz Luis Fernando

Proyecto / Obra

Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno

Ubicación

Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Ensayo

12 de Noviembre 2022

ENSAYO

Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA

ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
0AR0NG	Remplazo $R_{300} = 0.46$	15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1110.19	1109.73	0	0.04
100AR0NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	924.80	923.69	1	0.12
100AR0.05NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1294.88	1294.52	0	0.03
100AR0.10NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	924.06	923.68	0	0.04
100AR0.15NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1405.84	1405.13	1	0.05

OBSERVACIONES

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246994

Rivdeneyra Oblitas Ferrer
TÉCNICO DE LABORATORIO



Solicitante Ríos Ruíz Luis Fernando
Proyecto / Obra Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno

Ubicación Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Ensayo 12 de Noviembre 2022

ENSAYO

Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA

ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
0AR0NG	Reemplazo R a/c = 0.53	15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1217	1216	1	0.06
100AR0NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1016	1014	2	0.22
100AR0.05NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1401	1400	1	0.05
100AR0.10NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	1316	1315	1	0.07
100AR0.15NG		15-Oct	12-Nov	28	2	3	98	957	956	1	0.14

OBSERVACIONES


- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246994



Rina de la Cruz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CERÁMICO
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo N° 27: Resultados del ensayo de profundidad de penetración del agua



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemsgccirl.com

Solicitante Luis Fernando Ríos Ruiz
Proyecto / Obra Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de ensayo Lunes 14 de Noviembre del 2022.
Ensayo ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: Parte B: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
Norma UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO f _c =280kg/cm2 DARING a/c=0.53	28	17/11/2022	20/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	40.18	40.08	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	39.98		
M-02	CONCRETO f _c =280kg/cm2 100AR0NG a/c=0.53	28	20/11/2022	23/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	63.16	62.57	NO CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	61.98		
M-03	CONCRETO f _c =280kg/cm2 100AR0.05NG a/c=0.53	28	20/11/2022	23/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	35.09	35.10	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	35.10		
M-04	CONCRETO f _c =280kg/cm2 100AR0.10NG a/c=0.53	28	20/11/2022	23/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	44.01	43.58	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	43.15		
M-05	CONCRETO f _c =280kg/cm2 100AR0.15NG a/c=0.53	28	23/11/2022	26/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	50.42	47.96	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	45.49		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestras, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

* No se presentaron filtraciones en la parte inferior de la muestra de concreto.


LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246994


Rivaldeyra Oblitas Ferrer
TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitante: Laís Fernando Ríos Ruiz

Proyecto / Obra: Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo: Lunes 14 de Noviembre del 2022.

Ensayo: ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Norma: UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO f _c =280kg/cm ² 0AR0NG a/c=0.46	28	14/11/2022	17/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	19.16	19.24	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	19.32		
M-02	CONCRETO f _c =280kg/cm ² 100AR0NG a/c=0.46	28	14/11/2022	17/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	36.13	36.13	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	36.12		
M-03	CONCRETO f _c =280kg/cm ² 100AR0.05NG a/c=0.46	28	14/11/2022	17/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	16.35	16.32	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	16.29		
M-04	CONCRETO f _c =280kg/cm ² 100AR0.10NG a/c=0.46	28	14/11/2022	17/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	19.71	19.51	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	19.30		
M-05	CONCRETO f _c =280kg/cm ² 100AR0.15NG a/c=0.46	28	14/11/2022	17/11/2022	9:00 a. m.	9:00 a. m.	72	A	25.10	25.10	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	25.09		

NOTA:

- FRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

* No se presentaron filtraciones en la parte inferior de la muestra de concreto.


LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246994


 Ríandeneira Oblitas Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO


Anexo N° 28: Resultados del ensayo de Módulo de Elasticidad y Poisson



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo Provincia de Chiclayo Lambayeque RUC: 20487357465
 948 852 622 954 131 476 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com,

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno"
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f_c: 280 kg/cm² 100%: 622.60 Kn Fecha de moldeo: 12/10/2022
 DISEÑO PATRON A/C 0.46 40%: 249.04 Kn Fecha de rotura: 9/11/2022
 Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ _c (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40%σ _c) Kg/cm ²	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria (0.000050)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	140.88	0.000494499	0.000000	11.148795	291849
L-2	0.0000	0.0000	4.90	500			2.77			0.000000		
L-3	0.0012	0.0000	9.80	999			5.54			0.000004		
L-4	0.0084	0.0000	14.70	1499			8.32			0.000028		
L-5	0.0149	0.0000	19.60	1999			11.09			0.000050		
L-6	0.0194	0.0000	24.50	2498			13.86			0.000065		
L-7	0.0235	0.0000	29.40	2998			16.63			0.000078		
L-8	0.0265	0.0010	34.30	3498			19.40			0.000088		
L-9	0.0304	0.0020	39.20	3997			22.17			0.000101		
L-10	0.0389	0.0030	44.10	4497			24.95			0.000130		
L-11	0.0460	0.0040	49.00	4997			27.72			0.000153		
L-12	0.0503	0.0050	58.80	5996			33.26			0.000168		
L-13	0.0590	0.0060	68.60	6995			38.81			0.000197		
L-14	0.0680	0.0070	78.60	8015			44.46			0.000227		
L-15	0.0750	0.0080	88.30	9004			49.95			0.000250		
L-16	0.0820	0.0090	98.10	10003			55.49			0.000273		
L-17	0.0860	0.0100	107.90	11003			61.04			0.000287		
L-18	0.0910	0.0110	117.70	12002			66.58			0.000303		
L-19	0.0960	0.0120	127.50	13001			72.12			0.000320		
L-20	0.1000	0.0130	137.30	14001			77.67			0.000333		
L-21	0.1040	0.0140	147.10	15000			83.21			0.000347		
L-22	0.1070	0.0150	156.90	15999			88.75			0.000357		
L-23	0.1110	0.0160	166.70	16999			94.30			0.000370		
L-24	0.1160	0.0170	176.50	17998			99.84			0.000387		
L-25	0.1220	0.0180	186.50	19018			105.50			0.000407		
L-26	0.1270	0.0190	195.20	19905			110.42			0.000423		
L-27	0.1320	0.0200	206.90	21098			117.04			0.000440		
L-28	0.1370	0.0210	216.70	22097			122.58			0.000457		
L-29	0.1410	0.0220	226.50	23097			128.13			0.000470		
L-30	0.1450	0.0230	236.20	24086			133.61			0.000483		
L-31	0.1480	0.0240	247.70	25258			140.12			0.000493		

ε _u (0.000050) (kg/cm ²)				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	ε _u	item	ε _u	item	ε unitaria
A	0.000050	D	11.09	A	133.61	D	0.000483
B	0.00005	E	11.15	B	140.88	E	0.000494
C	0.000065	F	13.86	C	140.12	F	0.000493

ε_u= 11.14880 E_c= 291849.14 ε unitaria= 0.000494499
 V_p= 0.17



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 76927

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N Distrito de Chiclayo Provincia de Chiclayo Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo EMP Asfaltos
 948 852 622 954 131 476 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno"
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f_c : 280 kg/cm² 100%: 496.5 Kn Fecha de moldeo: 11/10/2022
 Agregado reciclado A/C 0.46 40%: 198.60 Kn Fecha de rotura: 8/11/2022
 Nanoplaquetas de grafeno 0.0%

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro	Altura	σ_u	Esfuerzo S2	ϵ	ϵ unitaria	Esfuerzo S1	E_c
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf									(Kg/cm^{2})	(40%$\sigma_u$)	(0.40 $\Delta$ Max)	$\epsilon_2$ (S_{2})	(0.000050)
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	112.35	0.000436375	13.304639	256332	
L-2	0.0000	0.0000	4.90	500			2.77					
L-3	0.0030	0.0000	9.80	999			5.54					
L-4	0.0070	0.0000	14.70	1499			8.32					
L-5	0.0110	0.0000	19.60	1999			11.09					
L-6	0.0160	0.0000	24.50	2498			13.86					
L-7	0.0200	0.0010	29.40	2998			16.63					
L-8	0.0240	0.0020	34.30	3498			19.40					
L-9	0.0280	0.0030	39.20	3997			22.17					
L-10	0.0360	0.0040	44.10	4497			24.95					
L-11	0.0440	0.0050	49.00	4997			27.72					
L-12	0.0490	0.0060	58.80	5996			33.26					
L-13	0.0560	0.0070	68.60	6995			38.81					
L-14	0.0620	0.0080	78.60	8015			44.46					
L-15	0.0700	0.0090	88.30	9004			49.95					
L-16	0.0760	0.0100	98.10	10003			55.49					
L-17	0.0830	0.0110	107.90	11003			61.04					
L-18	0.0860	0.0120	117.70	12002			66.58					
L-19	0.0900	0.0130	127.50	13001			72.12					
L-20	0.0960	0.0140	137.30	14001			77.67					
L-21	0.1000	0.0150	147.10	15000			83.21					
L-22	0.1050	0.0160	156.90	15999			88.75					
L-23	0.1090	0.0170	166.70	16999			94.30					
L-24	0.1140	0.0180	176.50	17998			99.84					
L-25	0.1170	0.0190	186.50	19018			105.50					
L-26	0.1270	0.0200	195.20	19905			110.42					

Tabulaciones							
$\sigma_u(0.000050)$ (kg/cm ²)				$\epsilon(0.40 \Delta$ Max)			
item	ϵ unitaria	item	σ_u	item	σ_u	item	ϵ unitaria
A	0.000037	D	11.09	A	105.50	D	0.000390
B	0.000005	E	13.30	B	112.35	E	0.000436
C	0.000053	F	13.86	C	110.42	F	0.000423

$\sigma_u =$ 13.30464 ϵ unitaria = 0.000436375
 $E_c =$ 256331.92
 $V_{pr} =$ 0.24



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIR. 169278



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo EMP Asfaltos
 948 852 622 954 131 476 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno"
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f'c: 280 kg/cm² 100%: 637.9 Kn Fecha de moldeo: 10/10/2022
 Agregado reciclado A/C 0.46 40%: 255.16 Kn Fecha de rotura: 7/11/2022
 Nanoplaquetas de grafeno 0.05% Edad (días): 28

Lectura	Deformacion		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ _c (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40%σ _c) Kg/cm ²	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria ε _s (S _c)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	144.34	0.000490327	0.000000	13.304639	297580
L-2	0.0000	0.0000	4.90	500			2.77			0.000000		
L-3	0.0020	0.0000	9.80	999			5.54			0.000007		
L-4	0.0070	0.0000	14.70	1499			8.32			0.000023		
L-5	0.0110	0.0000	19.60	1999			11.09			0.000037		
L-6	0.0160	0.0000	24.50	2498			13.86			0.000053		
L-7	0.0190	0.0010	29.40	2998			16.63			0.000063		
L-8	0.0250	0.0020	34.30	3498			19.40			0.000083		
L-9	0.0285	0.0030	39.20	3997			22.17			0.000095		
L-10	0.0340	0.0040	44.10	4497			24.95			0.000113		
L-11	0.0370	0.0050	49.00	4997			27.72			0.000123		
L-12	0.0420	0.0060	58.80	5996			33.26			0.000140		
L-13	0.0480	0.0070	68.60	6995			38.81			0.000160		
L-14	0.0540	0.0080	78.60	8015			44.46			0.000180		
L-15	0.0600	0.0090	88.30	9004			49.95			0.000200		
L-16	0.0660	0.0100	98.10	10003			55.49			0.000220		
L-17	0.0700	0.0110	107.90	11003			61.04			0.000233		
L-18	0.0750	0.0120	117.70	12002			66.58			0.000250		
L-19	0.0790	0.0130	127.50	13001			72.12			0.000263		
L-20	0.0840	0.0140	137.30	14001			77.67			0.000280		
L-21	0.0890	0.0150	147.10	15000			83.21			0.000297		
L-22	0.0940	0.0160	156.90	15999			88.75			0.000313		
L-23	0.0990	0.0170	166.70	16999			94.30			0.000330		
L-24	0.1040	0.0180	176.50	17998			99.84			0.000347		
L-25	0.1090	0.0190	186.50	19018			105.50			0.000363		
L-26	0.1130	0.0200	195.20	19905			110.42			0.000377		
L-27	0.1170	0.0210	206.90	21098			117.04			0.000390		
L-28	0.1210	0.0220	216.70	22097			122.58			0.000403		
L-29	0.1250	0.0230	226.50	23097			128.13			0.000417		
L-30	0.1290	0.0240	236.70	24137			133.89			0.000430		
L-31	0.1390	0.0250	246.90	25177			139.66			0.000463		

σ _u (0.000050) (kg/cm ²)				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	σ _u	item	σ _u	item	ε unitaria
A	0.000037	D	11.09	A	133.89	D	0.000430
B	0.00005	E	13.30	B	144.34	E	0.000490
C	0.000053	F	13.86	C	139.66	F	0.000463

σ_u= 13.30464 ε unitaria= 0.000490327
 F_{cu}= 297580.34
 V_{pr}= 0.19



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Burgos Hernández
 ING. CIVIL
 REG. QIP. 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N Distrito de Chiclayo Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
948 852 622 954 131 476 998 928 250
E-mail: servicios.lab20@gmail.com,

INFORME DE ENSAYO

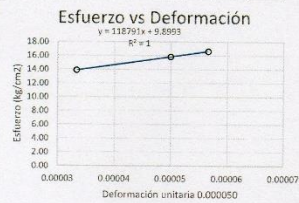
METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno"
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f'c: 280 kg/cm2 100%: 601.8 Kn Fecha de moldeo: 11/10/2022
Agregado reciclado A/C 0.46 40%: 240.72 Kn Fecha de rotura: 8/11/2022
Nanoplaquetas de grafeno 0.10% Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ_c (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_{cu}) Kg/cm ²	ϵ (0.40 Δ Max)	ϵ_2 (S _c)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal al (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	136.17	0.000469449	15.838856	286871	
L-2	0.0006	0.0000	4.90	500			2.77					
L-3	0.0030	0.0000	9.80	999			5.54					
L-4	0.0040	0.0000	14.70	1499			8.32					
L-5	0.0080	0.0000	19.60	1999			11.09					
L-6	0.0100	0.0000	24.50	2498			13.86					
L-7	0.0170	0.0000	29.40	2998			16.63					
L-8	0.0220	0.0010	34.30	3498			19.40					
L-9	0.0240	0.0020	39.20	3997			22.17					
L-10	0.0290	0.0030	44.10	4497			24.95					
L-11	0.0380	0.0040	49.00	4997			27.72					
L-12	0.0430	0.0050	58.80	5996			33.26					
L-13	0.0460	0.0060	68.60	6995			38.81					
L-14	0.0520	0.0070	78.60	8015			44.46					
L-15	0.0610	0.0080	88.50	9004			49.95					
L-16	0.0660	0.0090	98.10	10003			55.49					
L-17	0.0740	0.0100	107.90	11003			61.04					
L-18	0.0800	0.0110	117.70	12002			66.58					
L-19	0.0870	0.0120	127.50	13001			72.12					
L-20	0.0950	0.0130	137.30	14001			77.67					
L-21	0.1000	0.0140	147.10	15000			83.21					
L-22	0.1040	0.0150	156.90	15999			88.75					
L-23	0.1100	0.0160	166.70	16999			94.30					
L-24	0.1140	0.0170	176.50	17998			99.84					
L-25	0.1160	0.0180	186.50	19018			105.50					
L-26	0.1200	0.0190	195.20	19905			110.42					
L-27	0.1250	0.0200	206.90	21098			117.04					
L-28	0.1300	0.0210	216.70	22097			122.58					
L-29	0.1340	0.0220	226.50	23097			128.13					
L-30	0.1390	0.0220	236.90	24157			134.01					

Tabulaciones					
σ_{cu} (0.000050) (kg/cm ²)			ϵ (0.40 Δ Max)		
item	ϵ unitaria	item	σ_{cu}	item	ϵ unitaria
A	0.000033	D	13.86	A	128.13
B	0.00005	E	15.84	B	136.17
C	0.000057	F	16.63	C	134.01

σ_{cu} = 15.83886 ϵ unitaria= 0.000469449
E_c= 286871.28
V_{pr}= 0.22



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 189278

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto
948 852 622 954 131 476 998 928 250
E-mail: servicios.lab20@hotmail.com.

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C - 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno"
CLIENTE Luis Rios Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f'c: 280 kg/cm² 100%: 576.3 Kn Fecha de moldeo: 11/10/2022
Agregado reciclado A/C 0.46 40%: 230.52 Kn Fecha de rotura: 8/11/2022
Nanoplaquetas de grafeno 0.15% Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ_c (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% ϵ_{cu}) Kg/cm ²	ϵ (0.40 Δ Max)	c unitaria ϵ_c (S _c)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	mm		KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	130.40	0.000472582	0.000000	12.750279	278405
L-2	0.0000	0.0000	4.90	500			2.77			0.000000		
L-3	0.0020	0.0000	9.80	999			5.54			0.000007		
L-4	0.0070	0.0000	14.70	1499			8.32			0.000023		
L-5	0.0120	0.0000	19.60	1999			11.09			0.000040		
L-6	0.0170	0.0000	24.50	2498			13.86			0.000057		
L-7	0.0210	0.0010	29.40	2998			16.63			0.000070		
L-8	0.0250	0.0020	34.30	3498			19.40			0.000083		
L-9	0.0290	0.0030	39.20	3997			22.17			0.000097		
L-10	0.0360	0.0040	44.10	4497			24.95			0.000120		
L-11	0.0440	0.0050	49.00	4997			27.72			0.000147		
L-12	0.0480	0.0060	58.80	5996			33.26			0.000160		
L-13	0.0560	0.0070	68.60	6995			38.81			0.000187		
L-14	0.0620	0.0080	78.60	8015			44.46			0.000207		
L-15	0.0720	0.0090	88.30	9004			49.95			0.000240		
L-16	0.0780	0.0100	98.10	10003			55.49			0.000260		
L-17	0.0820	0.0110	107.90	11003			61.04			0.000273		
L-18	0.0900	0.0120	117.70	12002			66.58			0.000300		
L-19	0.0950	0.0130	127.50	13001			72.12			0.000317		
L-20	0.1020	0.0140	137.30	14001			77.67			0.000340		
L-21	0.1050	0.0150	147.10	15000			83.21			0.000350		
L-22	0.1090	0.0160	156.90	15999			88.75			0.000363		
L-23	0.1120	0.0170	166.70	16999			94.30			0.000373		
L-24	0.1180	0.0180	176.50	17998			99.84			0.000393		
L-25	0.1200	0.0190	186.50	19018			105.50			0.000400		
L-26	0.1230	0.0200	195.20	19905			110.42			0.000410		
L-27	0.1270	0.0210	206.50	21057			116.81			0.000423		
L-28	0.1350	0.0220	216.70	22097			122.58			0.000450		
L-29	0.1400	0.0230	226.90	23137	128.35	0.000467						

Tabulaciones					
$\sigma_u(0.000050)$ (kg/cm ²)			$\epsilon(0.40 \Delta$ Max)		
item	ϵ unitaria	item	σ_u	item	ϵ unitaria
A	0.000040	D	11.09	A	122.58
B	0.000050	E	12.75	B	130.40
C	0.000057	F	13.86	C	128.35

ϵ_{cu} = 12.75028 ϵ unitaria = 0.000472582
E_{cu} = 278404.77
V_p = 0.22



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 188278

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno"
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f_c: 280 kg/cm² 100%: 526.97 Kn Fecha de moldeo: 12/10/2022
 DISEÑO PATRON A/C 0.53 40%: 210.79 Kn Fecha de rotura: 9/11/2022
 Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ _c (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40%σ _c) Kg/cm ²	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria ε ₂ (S ₂)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	119.24	0.000447754	0.000000	15.244899	261449
L-2	0.0007	0.0000	4.90	500			2.77					
L-3	0.0020	0.0000	9.80	999			5.54					
L-4	0.0060	0.0000	14.70	1499			8.32					
L-5	0.0090	0.0000	19.60	1999			11.09					
L-6	0.0120	0.0000	24.50	2498			13.86					
L-7	0.0180	0.0000	29.40	2998			16.63					
L-8	0.0210	0.0010	34.30	3498			19.40					
L-9	0.0260	0.0020	39.20	3997			22.17					
L-10	0.0300	0.0030	44.10	4497			24.95					
L-11	0.0360	0.0040	49.00	4997			27.72					
L-12	0.0410	0.0050	58.80	5996			33.26					
L-13	0.0470	0.0060	68.60	6995			38.81					
L-14	0.0530	0.0070	78.60	8015			44.46					
L-15	0.0620	0.0080	88.30	9004			49.95					
L-16	0.0680	0.0090	98.10	10003			55.49					
L-17	0.0760	0.0100	107.90	11003			61.04					
L-18	0.0810	0.0110	117.70	12002			66.58					
L-19	0.0890	0.0120	127.50	13001			72.12					
L-20	0.0960	0.0130	137.30	14001			77.67					
L-21	0.1010	0.0140	147.10	15000			83.21					
L-22	0.1050	0.0150	156.90	15999			88.75					
L-23	0.1110	0.0160	166.70	16999			94.30					
L-24	0.1150	0.0170	176.50	17998			99.84					
L-25	0.1200	0.0180	186.50	19018			105.50					
L-26	0.1250	0.0190	195.20	19905			110.42					
L-27	0.1320	0.0200	206.90	21098			117.04					

Tabulaciones							
σ _u (0.000050) (kg/cm ²)				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	σ _u	item	σ _u	item	ε unitaria
A	0.000040	D	13.86	A	110.42	D	0.000417
B	0.000050	E	15.24	B	119.24	E	0.000448
C	0.000060	F	16.63	C	117.04	F	0.000440

σ_u= 15.24490 E_c= 261448.82 ε unitaria= 0.000447754
 V_u= 0.19



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. O.P. 169278

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
E-mail: servicios.lab20@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C - 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno".
CLIENTE Luis Rios Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f'c: 280 kg/cm² 100%: 408.48 Kn Fecha de moldeo: 12/10/2022
Agregado reciclado A/C 0.53 40%: 163.39 Kn Fecha de rotura: 9/11/2022
Nanoplaquetas de grafeno 0.0% Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	ϵ (0.40 Δ Max)	c unitaria ϵ_2 (S ₂)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	92.43	0.000385415	0.000000	15.244899	230108
L-2	0.0008	0.0000	4.90	500			2.77			0.000003		
L-3	0.0050	0.0000	9.80	999			5.54			0.000017		
L-4	0.0070	0.0000	14.70	1499			8.32			0.000023		
L-5	0.0100	0.0000	19.60	1999			11.09			0.000033		
L-6	0.0130	0.0000	24.50	2498			13.86			0.000043		
L-7	0.0170	0.0010	29.40	2998			16.63			0.000057		
L-8	0.0220	0.0020	34.30	3498			19.40			0.000073		
L-9	0.0260	0.0030	39.20	3997			22.17			0.000087		
L-10	0.0290	0.0040	44.10	4497			24.95			0.000097		
L-11	0.0350	0.0050	49.00	4997			27.72			0.000117		
L-12	0.0390	0.0060	58.80	5996			33.26			0.000130		
L-13	0.0450	0.0070	68.60	6995			38.81			0.000150		
L-14	0.0510	0.0080	78.60	8015			44.46			0.000170		
L-15	0.0590	0.0090	88.30	9004			49.95			0.000197		
L-16	0.0650	0.0100	98.10	10003			55.49			0.000217		
L-17	0.0740	0.0110	107.90	11003			61.04			0.000247		
L-18	0.0790	0.0120	117.70	12002			66.58			0.000263		
L-19	0.0880	0.0130	127.50	13001			72.12			0.000293		
L-20	0.0940	0.0140	137.30	14001			77.67			0.000313		
L-21	0.0990	0.0150	147.10	15000			83.21			0.000330		
L-22	0.1090	0.0160	156.90	15999			88.75			0.000363		

Tabulaciones							
$\epsilon_u(0.000050)$ (kg/cm ²)			$\epsilon(0.40 \Delta$ Max)				
item	c unitaria	item	σ_u	item	σ_u	c unitaria	
A	0.000043	D	13.86	A	83.21	D	0.000330
B	0.00005	E	15.24	B	92.43	E	0.000385
C	0.000057	F	16.63	C	88.75	F	0.000363

$\sigma_u =$ 15.24490 ϵ unitaria = 0.000385415
E_c = 230107.85
V_{pr} = 0.21



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com,

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C - 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno".
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f_c: 280 kg/cm² 100%: 540.07 Kn Fecha de moldeo: 13/10/2022
 Agregado reciclado A/C 0.53 40%: 216.03 Kn Fecha de rotura: 10/11/2022
 Nanoplaquetas de grafeno 0.05% Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ _u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40%σ _u) Kg/cm ²	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria ε ₂ (S ₂)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	122.20	0.000462270	0.000173	13.166049	264475
L-2	0.0009	0.0000	4.90	500			2.77					
L-3	0.0080	0.0000	9.80	999			5.54					
L-4	0.0100	0.0000	14.70	1499			8.32					
L-5	0.0120	0.0000	19.60	1999			11.09					
L-6	0.0160	0.0000	24.50	2498			13.86					
L-7	0.0180	0.0010	29.40	2998			16.63					
L-8	0.0240	0.0020	34.30	3498			19.40					
L-9	0.0280	0.0030	39.20	3997			22.17					
L-10	0.0310	0.0040	44.10	4497			24.95					
L-11	0.0360	0.0050	49.00	4997			27.72					
L-12	0.0400	0.0060	53.80	5996			30.50					
L-13	0.0460	0.0070	58.60	6995			33.26					
L-14	0.0520	0.0080	63.40	7994			36.03					
L-15	0.0610	0.0090	68.20	8993			38.80					
L-16	0.0670	0.0100	73.00	9992			41.56					
L-17	0.0750	0.0110	77.80	10991			44.33					
L-18	0.0810	0.0120	82.60	11990			47.10					
L-19	0.0900	0.0130	87.40	12989			49.86					
L-20	0.0950	0.0140	92.20	13988			52.63					
L-21	0.1000	0.0150	97.00	14987			55.40					
L-22	0.1050	0.0160	101.80	15986			58.16					
L-23	0.1100	0.0170	106.60	16985			60.93					
L-24	0.1180	0.0180	111.40	17984			63.70					
L-25	0.1230	0.0190	116.20	18983			66.46					
L-26	0.1280	0.0200	121.00	19982			69.23					
L-27	0.1340	0.0210	125.80	20981			72.00					

Tabulaciones							
ε _u (0.000050) (kg/cm ²)				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	ε _u	item	ε _u	item	ε unitaria
A	0.000040	D	11.09	A	110.42	D	0.000427
B	0.000055	E	13.17	B	122.20	E	0.000462
C	0.000053	F	13.86	C	117.04	F	0.000447

ε_u = 13.16605 ε unitaria = 0.000462270
 E_c = 264475.30
 ν_c = 0.17



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secunara Burgá Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C - 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno".
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f'c: 280 kg/cm² 100%: 471.57 Kn Fecha de moldeo: 13/10/2022
 Agregado reciclado A/C 0.53 40%: 188.63 Kn Fecha de rotura: 10/11/2022
 Nanoplaquetas de grafeno 0.10% Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ _u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40%σ _u) Kg/cm ²	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria ε ₂ (S ₂)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	Horizontal (mm)	Vertical (mm)	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	106.70	0.000419717	0.000000	15.244899	247370
L-2	0.0007	0.0000	4.90	500			2.77			0.000002		
L-3	0.0020	0.0000	9.80	999			5.54			0.000007		
L-4	0.0060	0.0000	14.70	1499			8.32			0.000020		
L-5	0.0090	0.0000	19.60	1999			11.09			0.000030		
L-6	0.0120	0.0000	24.50	2498			13.86			0.000040		
L-7	0.0180	0.0000	29.40	2998			16.63			0.000060		
L-8	0.0210	0.0010	34.30	3498			19.40			0.000070		
L-9	0.0260	0.0020	39.20	3997			22.17			0.000087		
L-10	0.0300	0.0030	44.10	4497			24.95			0.000100		
L-11	0.0360	0.0040	49.00	4997			27.72			0.000120		
L-12	0.0410	0.0050	58.80	5996			33.26			0.000137		
L-13	0.0470	0.0060	68.60	6995			38.81			0.000157		
L-14	0.0530	0.0070	78.60	8015			44.46			0.000177		
L-15	0.0620	0.0080	88.30	9004			49.95			0.000207		
L-16	0.0680	0.0090	98.10	10003			55.49			0.000227		
L-17	0.0760	0.0100	107.90	11003			61.04			0.000253		
L-18	0.0810	0.0110	117.70	12002			66.58			0.000270		
L-19	0.0890	0.0120	127.50	13001			72.12			0.000297		
L-20	0.0960	0.0130	137.30	14001			77.67			0.000320		
L-21	0.1010	0.0140	147.10	15000			83.21			0.000337		
L-22	0.1050	0.0150	156.90	15999			88.75			0.000350		
L-23	0.1110	0.0160	166.70	16999			94.30			0.000370		
L-24	0.1150	0.0170	176.50	17998			99.84			0.000383		
L-25	0.1240	0.0180	186.50	19018			105.50			0.000413		

Tabulaciones							
cu(0.000050) (kg/cm ²)				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	εu	item	εu	item	ε unitaria
A	0.000040	D	13.86	A	99.84	D	0.000383
B	0.000050	E	15.24	B	106.70	E	0.000420
C	0.000060	F	16.63	C	105.50	F	0.000413

σ_u = 15.24490 ε unitaria = 0.000419717
 E_c = 247369.93
 V_p = 0.20



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secy. *Secy. Bulga Fernández*
 ING. CIVIL
 REG. C.I.P. 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
E-mail: servicios.lab20@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

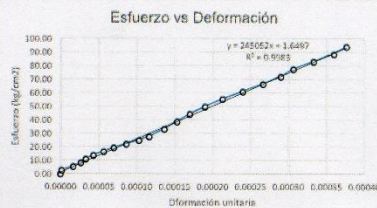
METODO DE ENSAYO MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN
REFERENCIA NORMATIVA ASTM C - 469
PROYECTO "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno".
CLIENTE Luis Ríos Ruiz
TIPO DE PRODUCTO Concreto

f'c: 280 kg/cm2 100%: 449.91 Kn Fecha de moldeo: 15/10/2022
Agregado reciclado A/C 0.53 40%: 179.96 Kn Fecha de rotura: 12/11/2022
Nanoplaquetas de grafeno 0.15% Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro cm	Altura cm	σ_c (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_c) Kg/cm ²	ϵ (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria ϵ_s (S _s)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	E _c Kg/cm ²
	mm		KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	0.00	0	15.2	30	0.00	101.80	0.000408248	0.000000	15.244899	241609
L-2	0.0005	0.0000	4.90	500			2.77					
L-3	0.0050	0.0000	9.80	999			5.54					
L-4	0.0080	0.0000	14.70	1499			8.32					
L-5	0.0100	0.0000	19.60	1999			11.09					
L-6	0.0130	0.0000	24.50	2498			13.86					
L-7	0.0170	0.0010	29.40	2998			16.63					
L-8	0.0210	0.0020	34.30	3498			19.40					
L-9	0.0260	0.0030	39.20	3997			22.17					
L-10	0.0310	0.0040	44.10	4497			24.95					
L-11	0.0350	0.0050	49.00	4997			27.72					
L-12	0.0410	0.0060	58.80	5996			33.26					
L-13	0.0460	0.0070	68.60	6995			38.81					
L-14	0.0510	0.0080	78.60	8015			44.46					
L-15	0.0570	0.0090	88.30	9004			49.95					
L-16	0.0640	0.0100	98.10	10003			55.49					
L-17	0.0720	0.0110	107.90	11003			61.04					
L-18	0.0800	0.0120	117.70	12002			66.58					
L-19	0.0870	0.0130	127.50	13001			72.12					
L-20	0.0920	0.0140	137.30	14001			77.67					
L-21	0.1000	0.0150	147.10	15000			83.21					
L-22	0.1080	0.0160	156.90	15999			88.75					
L-23	0.1130	0.0170	166.70	16999			94.30					
L-24	0.1200	0.0180	176.50	17998			99.84					


Tabulaciones						
$\epsilon_u(0.000050)$ (kg/cm ²)			$\epsilon(0.40 \Delta$ Max)			
item	ϵ unitaria	item	eu	item	σ_u	ϵ unitaria
A	0.000043	D	13.86	A	94.30	0.000377
B	0.00005	E	15.24	B	101.80	0.000408
C	0.000057	F	16.63	C	99.84	0.000400

$\epsilon_u =$ 15.24490 ϵ unitaria = 0.000408248
E_c = 241609.30
V_p = 0.23



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169276

Anexo N° 29: Resultados del ensayo de Resistencia a los sulfatos



INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

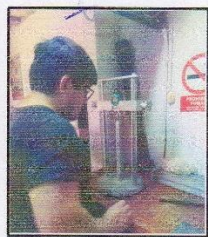
TESISTA: LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
 UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 PROYECTO: "ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"
 UBICACIÓN: Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
 FECHA DE EMISIÓN: Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA


Concreto Patrón f'c=280 kg/cm2-a/c
0.46


TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	0.002	0.001	0.000
Semana 1	0.006	0.004	0.007
Semana 2	0.011	0.013	0.010
Semana 3	0.019	0.021	0.023
Semana 4	0.035	0.030	0.033
Semana 8	0.063	0.057	0.059
Semana 13	0.102	0.095	0.098
Semana 15	0.107	0.110	0.114


Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0056 %	0.002 %
0.0180 %	0.004 %
0.0420 %	0.008 %
0.0800 %	0.013 %
0.1504 %	0.023 %
0.2672 %	0.039 %
0.3984 %	0.044 %

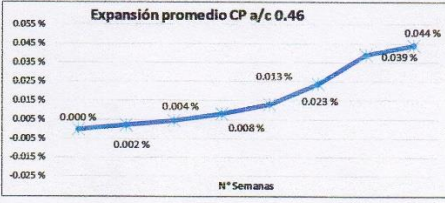



Desviación Estandar	0.04234	0.04152	0.04271
---------------------	---------	---------	---------













USA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Serman Oscar Gastelo Chirinos
TÉCNICO DE LABORATORIO



Rivindenegro Jblitas Jr.
TÉCNICO DE LABORATORIO



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 51 6906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 896 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889
 amazung.sac@gmail.com

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA
UNIVERSIDAD
PROYECTO

LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
„ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO”

UBICACIÓN
FECHA DE EMISIÓN

Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque
Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

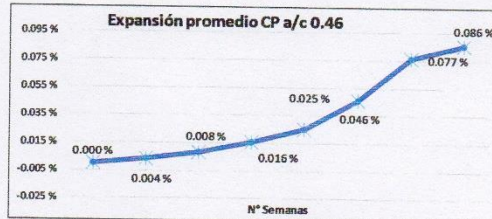
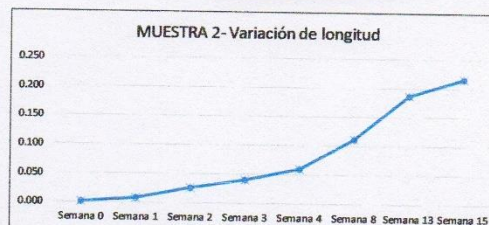
Concreto Patrón Reciclado $f'c=280$
kg/cm²-a/c 0.46

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.004	0.002	0.000
Semana 1	0.012	0.008	0.014
Semana 2	0.022	0.025	0.019
Semana 3	0.037	0.041	0.045
Semana 4	0.069	0.059	0.065
Semana 8	0.124	0.112	0.116
Semana 13	0.201	0.187	0.193
Semana 15	0.210	0.216	0.224

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0112 %	0.004 %
0.0351 %	0.008 %
0.0819 %	0.016 %
0.1567 %	0.025 %
0.2951 %	0.046 %
0.5251 %	0.077 %
0.7827 %	0.086 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.08326	0.08168	0.08407



USAT
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
TECNICO DE LABORATORIO
Oscar Gastelo Chirnos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Rivendeyra Abilitas Aeri
TECNICO DE LABORATORIO

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

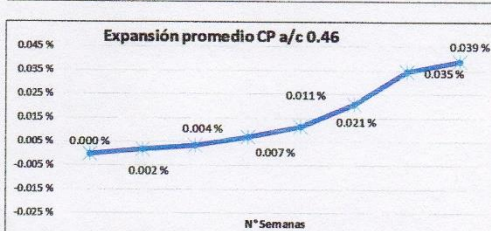
TESISTA LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
PROYECTO "ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"
UBICACIÓN Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque
FECHA DE EMISIÓN Chiclayo, 27 de Octubre del 2023
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Patrón Reciclado+0.05%NPG f'c=280 kg/cm2-a/c 0.46

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.001	0.000	0.000
Semana 1	0.005	0.003	0.006
Semana 2	0.009	0.011	0.008
Semana 3	0.016	0.018	0.020
Semana 4	0.031	0.026	0.029
Semana 8	0.056	0.050	0.052
Semana 13	0.090	0.084	0.087
Semana 15	0.095	0.097	0.101

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0052 %	0.002 %
0.0160 %	0.004 %
0.0372 %	0.007 %
0.0712 %	0.011 %
0.1340 %	0.021 %
0.2380 %	0.035 %
0.3548 %	0.039 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.03776	0.03689	0.03808



Oscar Gastelo Churinos
 USAT
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Rivaldo Reyes Obitos Anco
 TÉCNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA
UNIVERSIDAD
PROYECTO

LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
"ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"

UBICACIÓN
FECHA DE EMISIÓN

Districto de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

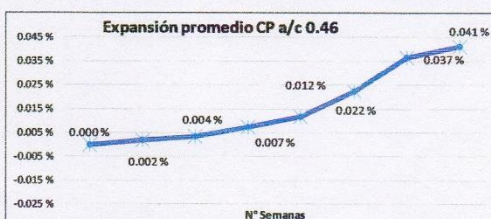
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
Concreto Patrón Reciclado+0.10%NPG f'c=280
kg/cm2-a/c 0.46

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.001	0.000	0.000
Semana 1	0.005	0.003	0.006
Semana 2	0.009	0.011	0.008
Semana 3	0.017	0.019	0.021
Semana 4	0.032	0.027	0.030
Semana 8	0.059	0.053	0.055
Semana 13	0.095	0.089	0.092
Semana 15	0.101	0.103	0.107

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0052 %	0.002 %
0.0160 %	0.004 %
0.0384 %	0.007 %
0.0736 %	0.012 %
0.1400 %	0.022 %
0.2500 %	0.037 %
0.3740 %	0.041 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.04017	0.03931	0.04050



USAT
 Laboratorio de Ensayo Civil y Ensayo de Materiales
 Oscar Gastelo Charnos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Juan Carlos Firme Ojeda Agesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIR 429951
 RIVERA AGUIRRE JOLITAS ALENI
 TÉCNICO DE LABORATORIO



INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
PROYECTO "ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"
UBICACIÓN Distrito de Chiclayo-- Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque
FECHA DE EMISIÓN Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

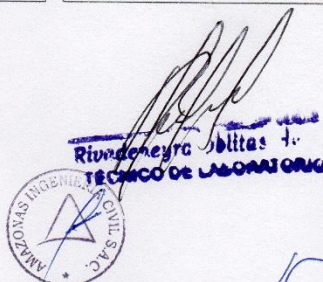
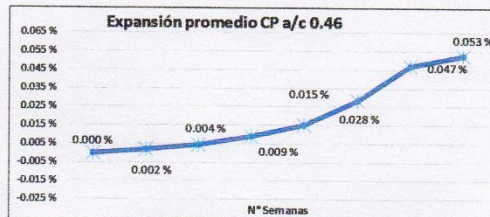
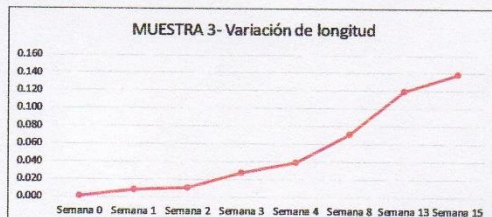
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Patrón Reciclado+0.15%NPG f'c=280 kg/cm2-a/c 0.46

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.001	0.002	0.001
Semana 1	0.006	0.004	0.008
Semana 2	0.012	0.015	0.010
Semana 3	0.021	0.024	0.027
Semana 4	0.042	0.035	0.039
Semana 8	0.076	0.068	0.071
Semana 13	0.123	0.115	0.119
Semana 15	0.130	0.132	0.138

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0056 %	0.002 %
0.0188 %	0.004 %
0.0460 %	0.009 %
0.0908 %	0.015 %
0.1752 %	0.028 %
0.3164 %	0.047 %
0.4748 %	0.053 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.05192	0.05042	0.05230



TÉCNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA: LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
PROYECTO: "ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"
UBICACIÓN: Distrito de Chiclayo- Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
FECHA DE EMISIÓN: Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

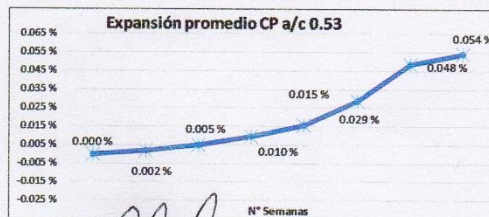
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ -a/c 0.53

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.003	0.001	0.001
Semana 1	0.007	0.004	0.008
Semana 2	0.013	0.016	0.012
Semana 3	0.023	0.026	0.028
Semana 4	0.043	0.037	0.041
Semana 8	0.078	0.071	0.073
Semana 13	0.127	0.118	0.122
Semana 15	0.133	0.137	0.142

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0056 %	0.002 %
0.0200 %	0.005 %
0.0488 %	0.010 %
0.0952 %	0.015 %
0.1820 %	0.029 %
0.3268 %	0.048 %
0.4896 %	0.054 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.05294	0.05189	0.05342



TÉCNICO DE LABORATORIO

Oscar Gastelo Cifinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Ríos Fernando Ríos Ruiz
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

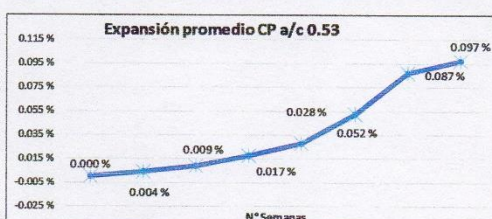
TESISTA LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
PROYECTO "ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"
UBICACIÓN Distrito de Chiclayo- Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque
FECHA DE EMISIÓN Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Patrón Reciclado $f_c=280$ kg/cm²-a/c 0.53

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3	Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
Semana 0	0.004	0.002	0.000	0.0000 %	0.000 %
Semana 1	0.013	0.009	0.015	0.0124 %	0.004 %
Semana 2	0.024	0.028	0.021	0.0392 %	0.009 %
Semana 3	0.041	0.046	0.050	0.0916 %	0.017 %
Semana 4	0.077	0.066	0.073	0.1756 %	0.028 %
Semana 8	0.140	0.126	0.131	0.3320 %	0.052 %
Semana 13	0.227	0.211	0.218	0.5920 %	0.087 %
Semana 15	0.237	0.244	0.253	0.8832 %	0.097 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.09430	0.09232	0.09527



German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 12330

Ronald Neyra Obitos Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
PROYECTO "ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO REICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"
UBICACIÓN Distrito de Chiclayo- Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque
FECHA DE EMISIÓN Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

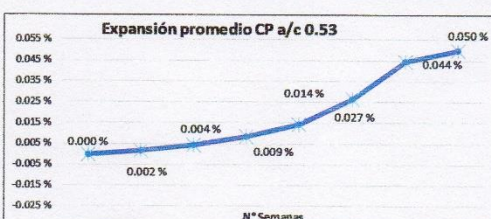
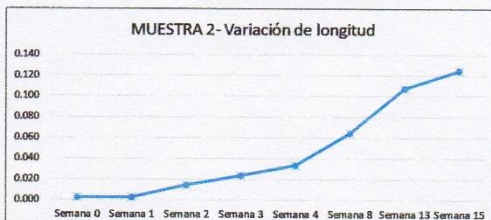
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Patrón Reciclado+0.05%NPG f'c=280 kg/cm2-a/c 0.53

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.001	0.003	0.000
Semana 1	0.006	0.003	0.007
Semana 2	0.011	0.014	0.010
Semana 3	0.020	0.023	0.025
Semana 4	0.040	0.033	0.037
Semana 8	0.072	0.064	0.067
Semana 13	0.116	0.108	0.112
Semana 15	0.122	0.125	0.130

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0048 %	0.002 %
0.0172 %	0.004 %
0.0428 %	0.009 %
0.0852 %	0.014 %
0.1648 %	0.027 %
0.2976 %	0.044 %
0.4468 %	0.050 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.04879	0.04770	0.04928



USAI
 Laboratorio de Ensayo de Materiales
 Gerardo Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351
 Ríos Fernando J. Ríos
 TÉCNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA
UNIVERSIDAD
PROYECTO

LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
"ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"

UBICACIÓN

Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque

FECHA DE EMISIÓN

Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

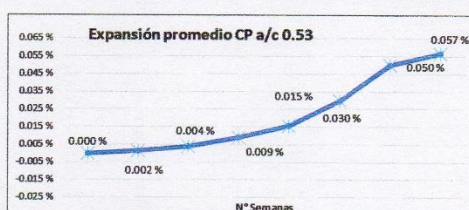
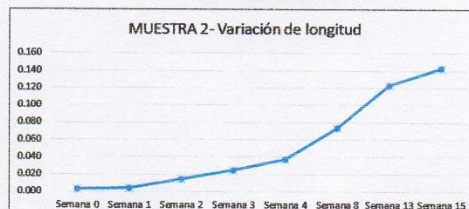
Concreto Patrón Reciclado+0.10%NPG f'c=280 kg/cm2-a/c 0.53

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	0.002	0.003	0.001
Semana 1	0.006	0.004	0.008
Semana 2	0.012	0.014	0.010
Semana 3	0.022	0.025	0.028
Semana 4	0.044	0.037	0.041
Semana 8	0.081	0.073	0.076
Semana 13	0.131	0.123	0.127
Semana 15	0.139	0.143	0.148

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0048 %	0.002 %
0.0168 %	0.004 %
0.0444 %	0.009 %
0.0908 %	0.015 %
0.1804 %	0.030 %
0.3304 %	0.050 %
0.5000 %	0.057 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
	0.05569	0.05482	0.05632



USAT
LABORATORIO DE ENSAYOS QUÍMICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO
Gustavo Oscar Gastelo Chirinos
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MAZONAS INGENIERÍA CIVIL S.A.C.
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351
Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
TECNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

TESISTA
UNIVERSIDAD
PROYECTO

LUIS FERNANDO RÍOS RUIZ
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
"ESTUDIO DEL CONCRETO DE RESISTENCIA NOMINAL DE 28 MPA FABRICADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO"

UBICACIÓN
FECHA DE EMISIÓN

Distrito de Chiclayo- Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
Chiclayo, 27 de Octubre del 2023

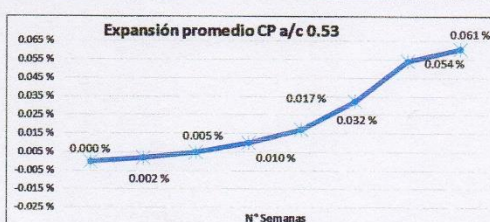
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
Concreto Patrón Reciclado+0.15%NPG f'c=280 kg/cm2-a/c 0.53

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	0.001	0.002	0.001
Semana 1	0.006	0.004	0.009
Semana 2	0.013	0.017	0.011
Semana 3	0.024	0.027	0.030
Semana 4	0.048	0.040	0.044
Semana 8	0.087	0.077	0.081
Semana 13	0.141	0.131	0.136
Semana 15	0.149	0.151	0.158

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0060 %	0.002 %
0.0208 %	0.005 %
0.0516 %	0.010 %
0.1028 %	0.017 %
0.1992 %	0.032 %
0.3608 %	0.054 %
0.5424 %	0.061 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.05979	0.05771	0.06005



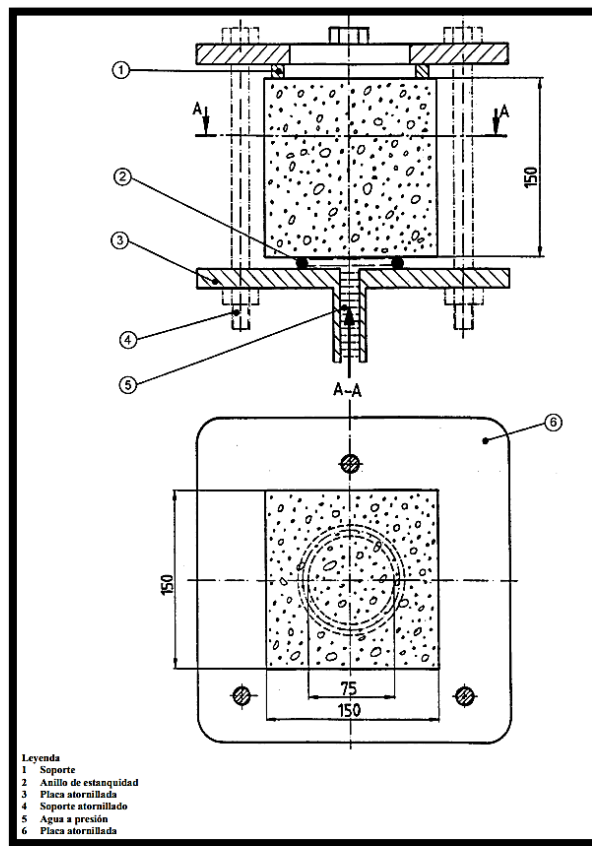
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENLACE DE ASFALTO
USAT
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Oscar Gastelo Chirinos
TÉCNICO DE LABORATORIO



Rivero Meyra Oblitas Jh
TÉCNICO DE LABORATORIO

Juan Carlos Fimo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

**Anexo N° 30: Ejemplo de dispositivo de ensayo para el ensayo de penetración del agua
UNE-EN 12390-8**



Anexo N° 31: Certificado de resultados del ensayo de contenido de sales solubles del agregado fino reciclado.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE : Luis Ríos Ruiz
PROYECTO : "Estudio del concreto de resistencia nominal de 28 MPa fabricado con agregado reciclado y adición de nanoplaquetas de grafeno".
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque
TIPO DE PRODUCTO : Agregados
FECHA : 12/09/2022
FECHA DE EMISION : 15/09/2022
ING. ESPECIALISTA : Secundino Burga Fernandez
TECNICO LABORATORIO : Segundo A. Carranza Mejía

NOTA :

- * El informe corresponde única y exclusivamente a la muestra emitida.
- * Las copias de este ensayo no son válidas sin la autorización del laboratorio.
- * Este informe es imparcial y confidencial, lo cual esta destinado única y exclusivamente al cliente.
- * Nuestro laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (el solicitante brindo toda la información), por lo que salimos de toda responsabilidad por cuestiones que afecten la validez de los resultados.


 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Burga Fernandez
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

INFORME DE ENSAYO

METODO DE ENSAYO : CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

REFERENCIA NORMATIVA : NTP 339.152

FECHA DE ENSAYO : 13/09/2022

METODO DE MUESTREO : Agregados en Cantera

RESP. LAB. : S.B.F.

CODIGO INTERNO : CI-309

TEC. LAB. : S.A.C.M.

CANTERA : 0

MATERIAL : Agregado fino reciclado

DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	Identificación				Promedio
	1	2			
Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	105,62	124,36			
Peso Tarro + agua + sal	149,24	174,36			
Peso Tarro Seco + sal	105,68	124,44			
Peso de Sal	0,06	0,08			
Peso de Agua	43,62	50,00			
Porcentaje de Sal	0,14	0,16			0,15

Conclusiones: Contenido de sales insignificante, apto para elaboración de concreto

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Secundino Basso Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 189278



Anexo N° 32: Certificado de resultados del ensayo de contenido de sales solubles del agregado grueso reciclado.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.					
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465					
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios_lab@hotmail.com .					
INFORME DE ENSAYO					
METODO DE ENSAYO	: CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA				
REFERENCIA NORMATIVA	: NTP 339.152	FECHA DE ENSAYO : 13/09/2022			
METODO DE MUESTREO	: Agregados en Cantera	RESP. LAB. : S.B.F.			
CODIGO INTERNO	: CI-306	TEC. LAB. : S.A.C.M.			
CANTERA	: 00/01/1900				
MATERIAL	: Agregado grueso reciclado				
DATOS DEL ENSAYO					
	Identificación				Promedio
Muestra	1	2			
Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	91,45	116,53			
Peso Tarro + agua + sal	138,07	123,00			
Peso Tarro Seco + sal	91,51	116,59			
Peso de Sal	0,06	0,06			
Peso de Agua	46,62	50,00			
Porcentaje de Sal	0,13	0,12			0,12
Conclusiones: Contenido de sales insignificante, apto para elaboración de concreto					
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Borgia Fernández INGENIERO REG. CIP 189278					

Anexo N° 33: Certificado de resultados del ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles del agregado fino reciclado.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.			
			
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios_lab@hotmail.com			
INFORME DE ENSAYO			
METODO DE ENSAYO	CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA		
REFERENCIA NORMATIVA	: NTP 400.042	FECHA DE ENSAYO : 13/09/2022	
METODO DE MUESTREO	: Agregados en Cantera	RESP. LAB. : S.B.F.	
CODIGO INTERNO	: CL-309	TEC. LAB. : S.A.C.M.	
CANTERA	: 0		
MATERIAL	: Agregado fino reciclado		
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millon (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	183	0,0183	Insignificante
Contenido de sulfatos (SO4-2)	118	0,0118	Insignificante
Conclusiones: Contenido de cloruros y sulfatos insignificante, apto para elaboración de concreto			
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Burgos Fernández REG. CTR 189278			

Anexo N° 34: Certificado de resultados del ensayo de contenido de cloruros y sulfatos solubles del agregado grueso reciclado.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.			
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465			
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos			
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250			
E-mail: servicios_lab@hotmail.com .			
<u>INFORME DE ENSAYO</u>			
METODO DE ENSAYO		CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA	
REFERENCIA NORMATIVA	: NTP 400.042	FECHA DE ENSAYO	: 13/09/2022
METODO DE MUESTREO	: Agregados en Cantera	RESP. LAB.	: S.B.F.
CODIGO INTERNO	: CL-306	TEC. LAB.	: S.A.C.M.
CANTERA	: 00/01/1900		
MATERIAL	: Agregado grueso reciclado		
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción	Partes por millon (ppm)	Resultados (%)	Conclusión
Contenido de cloruros (CL)	178	0,0178	Insignificante
Contenido de sulfatos (SO4-2)	113	0,0113	Insignificante
Conclusiones: Contenido de cloruros y sulfatos insignificante, apto para elaboración de concreto			
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Borgia Fernández INGENIERO CIVIL REG. C.O. 199278			